



TUGAS AKHIR - RG 141536

**STUDI PEMETAAN BATIMETRI PERAIRAN
DANGKAL MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT 8
DAN SENTINEL-2A (STUDI KASUS : PERAIRAN
PULAU POTERAN DAN GILI IYANG, MADURA)**

MUHAMMAD WILDAN BOBSAID
NRP 3513 100 064

Dosen Pembimbing
Lalu Muhamad Jaelani, S.T., M.Sc., Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan



FINAL ASSIGNMENT - RG 141536

**BATHYMETRIC MAPPING STUDY ON
SHALLOW WATER USING LANDSAT 8 AND
SENTINEL-2A SATELLITE IMAGE (STUDY
CASE: POTERAN AND GILI IYANG ISLAND
WATERS, MADURA)**

MUHAMMAD WILDAN BOBSAID
NRP 3513 100 064

Supervisor :
Lalu Muhamad Jaelani, S.T., M.Sc., Ph.D

Department of Geomatics Engineering
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

STUDI PEMETAAN BATIMETRI PERAIRAN DANGKAL MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT 8 DAN SENTINEL-2A (STUDI KASUS: PERAIRAN PULAU POTERAN DAN GILI IYANG, MADURA)

Nama Mahasiswa : Muhammad Wildan Bobsaid
NRP : 3513 100 064
Departemen : Teknik Geomatika FTSP – ITS
Pembimbing : Lalu Muhamad Jaelani, S.T., M.Sc., Ph.D

Abstrak

Pemetaan batimetri digunakan untuk memetakan dasar laut. Data dasar laut yang akurat dan terkini sangat dibutuhkan oleh banyak kegiatan manusia seperti untuk rute transportasi air dan konstruksi infrastruktur lepas pantai. Pemetaan *in situ* secara umum menggunakan multi-single beam echo-sounder memakan waktu, biaya tinggi dan akses yang sulit ke daerah terpencil. Pemetaan batimetri pada perairan dangkal di dekat daerah pesisir juga menghadapi tantangan saat pemetaan *in situ* sulit dilakukan karena akses kapal survei.

Dalam penelitian ini mengusulkan teknik baru untuk memetakan dasar laut dangkal (kurang dari 80 m kedalaman) menggunakan data satelit penginderaan jauh optik dengan memanfaatkan citra Sentinel 2A dan Landsat 8. Data kedalaman yang diperkirakan dari satelit ini kemudian divalidasi dengan data pengukuran *in situ* yang dikumpulkan pada bulan April dan Oktober, 2015. Kisaran kedalaman absolut yang diperoleh adalah 8,714 – 12,056 meter untuk Landsat 8 dan 9,220 -11,149 meter untuk Sentinel 2. Hasil yang menjanjikan dihasilkan oleh Landsat 8 dengan *NMAE* sebesar 25,777% dan rentang kedalaman estimasi yang lebih lebar dibandingkan dengan kedalaman yang didapat oleh Sentinel-2A yaitu dengan *NMAE* 26,887%. Akan

tetapi, kedua citra satelit ini tidak bisa digunakan untuk mendapatkan kedalaman yang lebih dalam dari 13 meter.

Kata Kunci: Batimetri Perairan Dangkal, Landsat 8, Sentinel-2A, Algoritma Van Hengel and Spizer

BATHYMETRIC MAPPING STUDY ON SHALLOW WATER USING LANDSAT 8 AND SENTINEL-2A SATELLITE IMAGE (STUDY CASE : POTERAN AND GILI IYANG ISLAND WATERS, MADURA)

Name : Muhammad Wildan Bobsaid
NRP : 3513 100 064
Departement : Teknik Geomatika FTSP – ITS
Supervisor : Lalu Muhamad Jaelani, S.T., M.Sc., Ph.D

Abstract

Bathymetric mapping was used to map the sea floor. The accurate and recent sea floor data are needed by many human activities such as for water transportation routes and off-shore infrastructure constructions. General in situ mapping using multi/single beam echo-sounder is time consuming, high cost and difficult access to a remote area. Bathymetric mapping on shallow water near coastal area also facing a challenge when the in-situ mapping is difficult to be performed for the reason of the access of survey-ship.

In this research, proposed a new technique to map the shallow sea floor (less than 80 m of depth) using optical remote sensing satellite data by exploiting the Sentinel 2A and Landsat 8 imageries. The depth data estimated from these satellites then validated with in situ measurement data collected in April and October, 2015. The range of absolute depth was 8.714 – 12.056 meter for Landsat 8 and 9.220 – 11.149 meter for Sentinel 2. A promising result was obtained for Landsat 8 data with NMAE of 25.777% and wider range of estimated depth compared with obtained depth by Sentinel 2 with NMAE of 26.887%. Both of remote sensing images failed to deal with water depth deeper than 13 m.

Keyword: ***Shallow Water Bathymetry, Landsat 8,
Sentinel-2A, Van Hengel & Spitzer Algorithm***

**STUDI PEMETAAN BATIMETRI PERAIRAN
DANGKAL MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT 8
DAN SENTINEL-2A (STUDI KASUS: PERAIRAN
PULAU POTERAN DAN GILI IYANG , MADURA)**

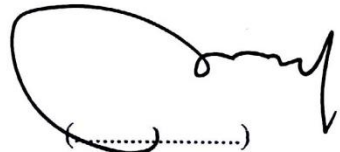
TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Jurusan S-1 Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
MUHAMMAD WILDAN BOBSAID
NRP. 3513 100 064

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Lalu Muhamad Jaelani, ST, M.Sc, Ph.D
NIP. 1980 1221 2003 12 1001



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis sampaikan kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian untuk tugas akhir yang berjudul **“Studi Pemetaan Batimetri Perairan Dangkal Menggunakan Citra Landsat 8 dan Sentinel-2A (Studi Kasus: Perairan Pulau Poteran dan Gili Iyang, Madura)”** dengan lancar.

Selama pelaksanaan penelitian untuk tugas akhir penulis ini, banyak pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan kepada penulis. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Orang tua penulis, Bapak Badruz Zaman Bobsaid dan Ibu Thuroyah Basalamah, yang telah memberikan doa dan restu kelancaran pada penelitian ini.
2. Bapak Mokhamad Nur Cahyadi, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Geomatika ITS.
3. Bapak Lalu Muhamad Jaelani, ST, M.Sc, Ph.D., selaku dosen pembimbing penulis. Terima kasih atas kesempatan, kesabaran, serta dukungan dalam bimbingan hingga dapat terselesaikannya tugas akhir ini.
4. Ibu Ira Mutiara Anjasmara, ST, M.Phil, Ph.D selaku dosen wali penulis. Terima kasih atas dukungan dan bantuan yang telah Ibu berikan.
5. Teman-teman G15 selaku teman seangkatan penulis dan HIMAGE-ITS. Terima kasih atas segala persahabatan dan kasih yang telah teman-teman berikan kepada penulis selama empat tahun ini.
6. Pihak-pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu, yang telah membantu penulis.

Kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan oleh penulis untuk penyempurnaan penelitian ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat untuk semua pihak, khususnya untuk

mahasiswa Jurusan Teknik Geomatika Institut Teknologi Sepuluh
Nopember.

Surabaya, Juni 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
Abstrak.....	v
<i>Abstract</i>	vii
LEMBAR PENGESAHAN.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penginderaan Jauh.....	5
2.2 Citra Landsat 8.....	6
2.3 Citra Sentinel-2A.....	10
2.4 Perairan Dangkal.....	13
2.5 Pemetaan Batimetri dengan Penginderaan Jauh ..	13
2.6 Pengolahan Citra	14
2.6.1 Koreksi Radiometrik.....	14
2.6.2 Koreksi Atmosferik	16
2.7 Algoritma Van Hengel Dan Spitzer.....	17
2.8 Penelitian Terdahulu.....	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	19
3.1. Lokasi Penelitian.....	19
3.2. Data dan Peralatan.....	20
3.2.1 Data.....	20
3.2.2 Peralatan.....	20

3.3. Metodologi Penelitian.....	20
3.3.1. Tahap Penelitian.....	20
3.3.2. Tahap Pengolahan Data.....	22
BAB IV HASIL DAN ANALISA.....	27
4.1 Koreksi Radiometrik Citra Landsat 8 dan Sentinel-2A.....	27
4.1.1 Kalibrasi Radiometrik.....	27
4.1.2 Koreksi Atmosfer 6SV.....	29
4.1.3 Koreksi Atmosferik Citra Sentinel-2A.....	31
4.2 <i>Masking</i>	33
4.3 Penerapan Algoritma Van Hengel and Spitzer.....	36
4.4 Analisa Regresi dan Korelasi.....	43
4.5 Analisa Hasil Estimasi Kedalaman Absolut.....	46
4.6 Validasi Estimasi Kedalaman.....	50
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	53
5.1 Kesimpulan.....	53
5.2 Saran	53
DAFTAR PUSTAKA.....	55
LAMPIRAN	
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Contoh Citra Landsat 8	10
Gambar 2. 2	Contoh Citra Sentinel-2A	11
Gambar 3. 1	Lokasi Penelitian.....	19
Gambar 3. 2	Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian.....	21
Gambar 3. 3	Diagram alir pengolahan data penelitian.....	23
Gambar 4. 1	Citra Landsat 8 format Digital Number.....	27
Gambar 4. 2	Citra Landsat 8 format <i>Radiance</i>	28
Gambar 4. 3	Histogram Nilai Piksel Citra Landsat 8 <i>Digital Number</i>	28
Gambar 4. 4	Histogram Nilai Piksel Citra Landsat 8 <i>Radiance</i>	29
Gambar 4. 5	Grafik Nilai Piksel Setelah Koreksi Atmosfer 6SV	31
Gambar 4. 6	Perbandingan hasil Citra Sentinel-2 (a) Level-1C dan (b) Level-2A	32
Gambar 4. 7	Grafik Nilai Koreksi atmosfer <i>SEN2COR</i>	33
Gambar 4. 8	Hasil <i>Masking NDWI</i> citra Landsat 8 Perairan Pulau Poteran.....	34
Gambar 4. 9	Hasil <i>Masking NDWI</i> citra Landsat 8 Perairan Pulau Gili Iyang	35
Gambar 4. 10	Hasil <i>Masking NDWI</i> citra Sentinel-2 Perairan Pulau Poteran.....	35
Gambar 4. 11	Hasil <i>Masking NDWI</i> citra Sentinel-2 Perairan Pulau Gili Iyang	36
Gambar 4. 12	Data Insitu Perairan Pulau Poteran	37
Gambar 4. 13	Data Insitu Perairan Pulau Gili Iyang	37
Gambar 4. 14	Sebaran Titik Sampel di Perairan Pulau Poteran..	38
Gambar 4. 15	Sebaran Titik Sampel di Perairan Pulau Gili Iyang	38

Gambar 4. 16 Peta Kedalaman Relatif Citra Landsat 8	41
Gambar 4. 17 Peta Kedalaman Relatif Citra Sentinel-2A.....	42
Gambar 4. 18 Model Regresi Estimasi Kedalaman Relatif antara Landsat 8 dan Kedalaman Insitu	44
Gambar 4. 19 Model Regresi Estimasi Kedalaman Relatif antara Sentinel-2A dan Kedalaman Insitu	45
Gambar 4. 20 Estimasi Kedalaman Absolut Menggunakan Citra Landsat 8	47
Gambar 4. 21 Estimasi Kedalaman Absolut Menggunakan Citra Sentinel-2A.....	48
Gambar 4. 22 Analisa Kedalaman Absolut Citra Landsat 8 dan Sentinel-2A.....	49
Gambar 4. 23 Akurasi Estimasi Kedalaman Absolut menggunakan Citra Landsat 8	51
Gambar 4. 24 Akurasi Estimasi Kedalaman menggunakan Citra Sentinel-2A.....	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi Kanal Citra Landsat 8.....	8
Tabel 2. 2 Spesifikasi Kanal Citra Sentinel 2A	11
Tabel 2. 3 Tipe Produk Citra Sentinel -2A	12
Tabel 4. 1 Koefisien Parameter Koreksi Atmosfer Citra.....	30
Tabel 4. 2 Nilai Kovarian Landsat 8 dan Sentinel-2A	39
Tabel 4. 3 Nilai Kovarian Landsat 8.....	39
Tabel 4. 4 Nilai Kovarian Sentinel-2A	39
Tabel 4. 5 Nilai Parameter (r dan s) Landsat 8 dan Sentinel-2A.....	40
Tabel 4. 6 Hasil Sampel Estimasi Kedalaman Absolut dari Pengolahan Citra Landsat 8 dan Sentinel-2A	52

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Metadata Citra Landsat 8

Lampiran 2 Data Pengolahan Algoritma Van Hengel dan
Spitzer Citra Landsat 8

Lampiran 3 Data Pengolahan Algoritma Van Hengel dan
Spitzer Citra Sentinel-2A

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Batimetri atau kedalaman perairan adalah ukuran kedalaman dari permukaan air sampai dengan dasar laut. Pemetaan batimetri di perairan dangkal mempunyai peranan penting untuk kegiatan perikanan dan juga pelayaran. Terlebih lagi Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan yang memiliki banyak pulau kecil yang tersebar di seluruh nusantara dengan jumlah 18.108 pulau besar dan kecil (Cribb dkk, 2009). Hal ini tentu memberikan prospek sekaligus tantangan bagi pembangunan di Indonesia, terutama pada sektor kelautan dan pesisir. Untuk mewujudkan terselenggaranya pemanfaatan potensi kelautan dan pesisir, perlu ditunjang dengan kegiatan dan ilmu hidrografi. Kegiatan utama dalam penerapan ilmu hidrografi di lapangan adalah survei batimetri.

Dewasa ini teknologi penginderaan jauh atau *Remote Sensing* memberikan peluang untuk pemetaan batimetri perairan dangkal secara efektif dan efisien, terutama untuk daerah yang memiliki tingkat perubahan kedalaman secara cepat. Keuntungan lainnya yaitu dapat dilakukan revisi pemetaan perairan dangkal dengan cepat dan murah. Selain itu daerah cakupan data penginderaan jauh cukup luas sehingga sangat baik untuk mengetahui apa saja yang terjadi di lingkungan sekitarnya, sehingga mudah untuk mengetahui keterkaitan antara satu dengan yang lainnya. Penggunaan teknologi penginderaan jauh untuk pemetaan batimetri ini akan sangat berguna untuk menentukan jalur pelayaran yang aman pada saat kapal berlayar di perairan dangkal. Untuk pemetaan batimetri perairan dangkal dapat menggunakan citra satelit multispektral seperti Landsat 8 dan Sentinel-2A.

Dengan mempertimbangkan kemampuan teknologi penginderaan jauh untuk pemetaan batimetri, maka perlu dilakukan penelitian apakah citra multispektral dapat digunakan untuk pemetaan batimetri di perairan dangkal. Sehingga perlu

juga untuk melakukan validasi hasil kontur didasar perairan yang didapat menggunakan citra satelit dengan pengukuran batimetri menggunakan *Echosounder*.

1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah yang berkaitan dengan tulisan ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana cara memperoleh informasi kedalaman atau kontur batimetri Perairan Pulau Poteran dan Pulau Giliyang, Selat Madura menggunakan citra Landsat 8 dan Sentinel-2A.
- b. Bagaimana perbedaan kedalaman antara hasil pengolahan Citra satelit dengan hasil pengukuran batimetri di Perairan Pulau Poteran dan Pulau Giliyang, Selat Madura

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari pembuatan tugas akhir ini adalah:

- a. Wilayah studi adalah perairan disekitar Pulau Poteran dan Pulau Gililiyang, Sumenep, Madura.
- b. Data yang digunakan adalah citra Landsat 8 bulan Oktober 2015 dan citra Sentinel-2A bulan Oktober 2015
- c. Data yang digunakan sebagai validator adalah data batimetri dari pengukuran di Pulau Poteran pada bulan Oktober 2015 dan Pulau Giliyang pada bulan April 2015.
- d. Penelitian hanya membandingkan hasil informasi kedalaman perairan dangkal antara citra satelit dengan data pengukuran batimetri.
- e. Hasil penelitian adalah peta batimetri perairan Pulau Poteran dan Pulau Giliyang, Selat Madura pada perairan waktu sesaat.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Mengetahui kemampuan citra Landsat 8 dan Sentinel-2A dalam mengestimasi kedalaman di suatu perairan dangkal.

- b. Mengetahui perbedaan kedalaman batimetri pengolahan citra satelit Landsat 8 dan Sentinel-2A terhadap data insitu kedalaman perairan dangkal.

1.5 Manfaat

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian tugas akhir ini adalah untuk pengembangan ilmu kelautan dalam hal metode atau teknik penggunaan citra satelit multispektral resolusi menengah seperti Landsat 8 dan Sentinel-2A. Penelitian ini juga berguna untuk dijadikan referensi dalam mengestimasi kedalaman perairan dangkal di pulau-pulau kecil yang sulit dijangkau untuk aplikasi rekayasa kelautan dan perikanan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh adalah ilmu, pengetahuan dan seni dalam memperoleh informasi tentang suatu obyek, area, gejala melalui analisis data yang diperoleh dengan alat tanpa kontak langsung dengan obyek, area, gejala yang diamati. (Danoedoro, 1996). Tipe data citra digital dibagi menjadi 2, yaitu :

a. **Data Satelit Sistem Pasif**

Komponen dasar pengambilan data penginderaan jauh sistem pasif meliputi sumber tenaga, atmosfer, interaksi tenaga dengan obyek di permukaan bumi, sensor, sistem pengolahan data, dan berbagai penggunaan data. Sumber tenaga diambil dari matahari atau sumber lain.

b. **Data Satelit Sistem Aktif**

Data ini menggunakan tenaga elektromagnetik yang dibangkitkan oleh sensor radar (*Radio Detection and Ranging*) (Purwadhi S H, 2001).

Terdapat empat komponen dasar dari sistem penginderaan jauh, yaitu target, sumber energi, alur transmisi dan sensor. Sensor adalah sebuah alat yang mengumpulkan dan mencatat radiasi elektromagnetik. Sensor sangatlah terbatas untuk mengindera objek yang sangat kecil. Batas kemampuan sebuah sensor dinamakan resolusi. Resolusi suatu sensor merupakan indikator tentang kemampuan sensor atau kualitas sensor dalam merekam suatu objek (Purwadhi, 2001). Resolusi atau *resolving power* adalah kemampuan suatu sistem optik elektronik untuk membedakan informasi yang secara spasial berdekatan atau secara spektral (Danoedoro, 1996). Ada beberapa jenis resolusi yang umum diketahui dalam penginderaan jauh yaitu resolusi spasial, resolusi spektral, resolusi temporal, dan resolusi radiometrik, (Danoedoro, 1996):

- a. Resolusi spasial
Ukuran objek terkecil yang mampu direkam, dibedakan dan disajikan pada citra. Resolusi spasial menunjukkan level dari detail yang ditangkap oleh sensor. Semakin detail sebuah studi semakin tinggi resolusi spasial yang diperlukan.
- b. Resolusi spektral
Daya pisah objek berdasarkan besarnya spektrum elektromagnetik yang digunakan untuk merekam data. Resolusi spektral menunjukkan lebar kisaran dari masing-masing kanal spektral yang diukur oleh sensor. Semakin banyak jumlah saluran atau kanal-kanalnya semakin tinggi kemampuannya dalam mengenali objek.
- c. Resolusi temporal
Menunjukkan waktu antar pengukuran, atau dalam kata lain kemampuan suatu sistem untuk merekam ulang daerah yang sama. Satuan resolusi temporal adalah jam atau hari.
- d. Resolusi radiometrik
Kemampuan sensor dalam mencatat respon spektral objek atau kemampuan sensor untuk mendeteksi perbedaan pantulan terkecil.

2.2 Citra Landsat 8

Satelit ini mulai menyediakan produk citra *open access* sejak tanggal 30 Mei 2013, menandai perkembangan baru dunia antariksa. NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) lalu menyerahkan satelit *LDCM (Landsat Data Continuity Mission)* kepada *USGS (United States Geological Surveys)* sebagai pengguna data terhitung 30 Mei tersebut. Satelit ini kemudian lebih dikenal sebagai Landsat 8. Pengelolaan arsip data citra masih ditangani oleh *EROS (Earth Resources Observation and Science) Center*. Landsat 8 hanya memerlukan waktu 99 menit untuk mengorbit bumi dan melakukan liputan

pada area yang sama setiap 16 hari sekali. Resolusi temporal ini tidak berbeda dengan landsat versi sebelumnya.

Landsat 8 merupakan kelanjutan dari misi Landsat yang untuk pertama kali menjadi satelit pengamat bumi sejak 1972 (Landsat 1). Landsat 1 yang awalnya bernama *Earth Resources Technology Satellite 1* diluncurkan 23 Juli 1972 dan mulai beroperasi sampai 6 Januari 1978. Generasi penerusnya, Landsat 2 diluncurkan 22 Januari 1975 yang beroperasi sampai 22 Januari 1981. Landsat 3 diluncurkan 5 Maret 1978 berakhir 31 Maret 1983; Landsat 4 diluncurkan 16 Juli 1982, dihentikan 1993. Landsat 5 diluncurkan 1 Maret 1984 masih berfungsi sampai dengan saat ini namun mengalami gangguan berat sejak November 2011, akibat gangguan ini, pada tanggal 26 Desember 2012, *USGS* mengumumkan bahwa Landsat 5 akan dinonaktifkan. Berbeda dengan 5 generasi pendahulunya, Landsat 6 yang telah diluncurkan 5 Oktober 1993 gagal mencapai orbit. Sementara Landsat 7 yang diluncurkan April 15 Desember 1999, masih berfungsi walau mengalami kerusakan sejak Mei 2003.

Sebenarnya landsat 8 lebih cocok disebut sebagai satelit dengan misi melanjutkan landsat 7 dari pada disebut sebagai satelit baru dengan spesifikasi yang baru pula. Ini terlihat dari karakteristiknya yang mirip dengan landsat 7, baik resolusinya (spasial, temporal, spektral), metode koreksi, ketinggian terbang maupun karakteristik sensor yang dibawa. Hanya saja ada beberapa tambahan yang menjadi titik penyempurnaan dari landsat 7 seperti jumlah kanal, rentang spektrum gelombang elektromagnetik terendah yang dapat ditangkap sensor serta nilai bit (rentang nilai Digital Number) dari tiap piksel citra.

Satelit landsat 8 memiliki sensor *Onboard Operational Land Imager (OLI)* dan *Thermal Infrared Sensor (TIRS)* dengan jumlah kanal sebanyak 11 buah. Diantara kanal-kanal tersebut, 9 kanal (kanal 1-9) berada pada OLI dan 2 lainnya (kanal 10 dan 11) pada TIRS. Seperti dipublikasikan oleh *USGS*, satelit landsat 8 terbang dengan ketinggian 705 km dari permukaan bumi dan memiliki area *scan* seluas 170 km x 183 km (mirip dengan

landsat versi sebelumnya). NASA sendiri menargetkan satelit landsat versi terbarunya ini mengemban misi selama 5 tahun beroperasi (sensor OLI dirancang 5 tahun dan sensor TIRS 3 tahun). Tidak menutup kemungkinan umur produktif landsat 8 dapat lebih panjang dari umur yang dicanangkan sebagaimana terjadi pada landsat 5 (TM) yang awalnya ditargetkan hanya beroperasi 3 tahun namun ternyata sampai tahun 2012 masih bisa berfungsi.

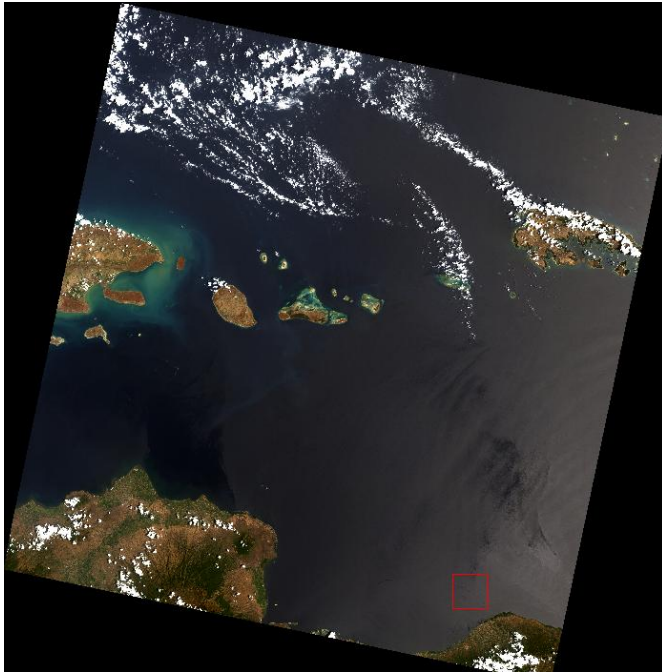
Tabel 2. 1 Spesifikasi kanal citra Landsat 8
(Sumber : LAPAN, 2013)

KANAL	PANJANG GELOMBANG (Mikrometer)	RESOLUSI SPASIAL (Meter)
Kanal 1 - <i>Coastal/Aerosol</i>	0,443 - 0,453	30
Kanal 2 – <i>Blue</i>	0,450 - 0,515	30
Kanal 3 – <i>Green</i>	0,525 - 0,600	30
Kanal 4 – <i>Red</i>	0,630 - 0,680	30
Kanal 5 - <i>Near Infrared</i>	0,845 - 0,885	30
Kanal 6 - <i>SWIR-1</i>	1,560 - 1,660	30
Kanal 7 - <i>SWIR-2</i>	2,100 - 2,300	30
Kanal 8 - <i>Pancromatic</i>	0,500 - 0,680	15
Kanal 9- <i>Cirrus</i>	1,360 - 1,390	30
Kanal 10 - <i>LWIR-1</i>	10,30 - 11,30	100
Kanal 11 - <i>LWIR-2</i>	11,50 - 12,50	100

Untuk kontrol format tingkat data Landsat (*Product Level*) meliputi :

- a. *Level 0 (L0)*, data citra yang telah dibersihkan bagian *format* dan transmisi datanya. *Lnull* sudah ada informasi waktu, informasi spasialnya dan terorder dalam *bsq*.

- b. *Level 1 Radiometric* (L1R), pada tingkat ini secara radiometris dihasilkan dari pengkoreksian terhadap data L0 dan diskalakan ke radians spektral atau pantulan.
- c. *Level 1 Systematic* (L1G), data L1R yang dikoreksi geometri sistematis, dan di resampling ke proyeksi kartografis, dan direferensikan ke WGS84, G873, atau versi lain yang ada.
- d. *Level 1 Gt* (L1Gt), data L1R yang dikoreksi geometri sistematis, dengan koreksi terrain, dengan perlakuan yang sama seperti pada L1G. L1Gt menggunakan informasi posisi onboard atau ephemeris definitif, dan juga penggunaan data elevasi untuk mengkoreksi kesalahan paralaksise.
- e. *Level 1 Terrain* (L1T), data hasil pengolahan L1R, dengan penerapan koreksi geometri sistematis. Penggunaan titik ikat, atau informasi posisi onboard untuk resampling citra sehingga terproyeksi secara kartografis ke WGS84. Data hasil pengolahan dengan level L1T ini juga terkoreksi medan (terrain) untuk *relief displacement*. (USGS, 2013)



Gambar 2. 1 Contoh Citra Landsat 8

2.3 Citra Sentinel-2A

Sentinel-2A merupakan satelit observasi bumi milik *European Space Agency (ESA)* yang diluncurkan pada tanggal 23 Juni 2015 di *Guiana Space Centre, Kourou, French Guyana*, menggunakan kendaraan peluncur *Vega*. Satelit ini merupakan salah satu dari dua satelit pada Program *Copernicus* yang telah diluncurkan dari total perencanaan sebanyak 6 satelit. Sebelumnya telah diluncurkan Satelit Sentinel-1A yang merupakan satelit radar pada tanggal 3 April 2014, dan segera menyusul kemudian yaitu Satelit Sentinel-2B pada tahun 2017 mendatang (*ESA, 2015*).

Satelit Sentinel-2 dilengkapi dengan instrumen multispektral 13 saluran seprtal dari saluran cahaya tampak, infra merah jarak dekat, derta gelombang pendek inframerah. Satelit ini

direncanakan bertahan selama 7 tahun ini memiliki resolusi spasial yaitu 10 meter (untuk kanal-kanal cahaya tampak dan inframerah dekat), 20 meter dan 60 meter (untuk kanal-kanal gelombang inframerah dekat dan gelombang pendek inframerah).



Gambar 2. 2 Contoh Citra Sentinel-2A

Tabel 2. 2 Spesifikasi Kanal Citra Sentinel 2A
(Sumber : <https://sentinel.esa.int/>)

Kanal/ Band	Panjang Gelombang (Mikrometer)	Resolusi Spasial (Meter)
Kanal 1 - <i>Coastal/Aerosol</i>	0,443	60
Kanal 2 - <i>Blue</i>	0,490	10
Kanal 3 - <i>Green</i>	0,560	10
Kanal 4 - <i>Red</i>	0,665	10
Kanal 5 - <i>Vegetation Red Edge</i>	0,705	20
Kanal 6 - <i>Vegetation Red Edge</i>	0,740	20
Kanal 7 - <i>Vegetation Red Edge</i>	0,783	20

Kanal/ <i>Band</i>	Panjang Gelombang (Mikrometer)	Resolusi Spasial (Meter)
Kanal 8 - <i>Near Infrared</i>	0,842	10
Kanal 8A - <i>Vegetation Red Edge</i>	0,865	20
Kanal 9 - <i>Water Vapour</i>	0,945	60
Kanal 10 - <i>SWIR – Cirrus</i>	1,375	60
Kanal 11 - <i>SWIR</i>	1,610	20
Kanal 12 - <i>SWIR</i>	2,190	20

Tabel 2. 3 Tipe Produk Citra Sentinel -2A
(Sumber : <https://sentinel.esa.int/>)

Nama Produk	Deskripsi	Produksi dan Distribusi	Besar Data
Level-1B	<i>Top of Atmosphere (TOA) Radiance</i> pada sensor geometri	Sistematik dan Terdistribusi secara <i>Online</i>	27 MB (25x23km ²)
Level-1C	<i>Top of Atmosphere (TOA) Reflectance</i> pada Geometri secara kartografik	Sistematik dan Terdistribusi secara <i>Online</i>	500 MB (100x100km ²)
Level-2A	<i>Bottom of Atmosphere (BOA) Reflectance</i> pada Geometri secara kartografik	Menggunakan Sentinel-2 <i>Toolbox (user)</i>	600 MB (100x100km ²)

2.4 Perairan Dangkal

Perairan Laut dangkal yaitu wilayah perairan yang dekat dan berbatasan dengan daratan berada pada *zone neritik pelagic*. Perairan ini berada di pinggiran daratan utama, lautan sangat dangkal menutupi bawah air benua yang disebut paparan benua yang mencakup 7-8 persen seluruh luas lautan, mempunyai kemiringan sangat landai dari pantai sampai kedalaman 200m (Nybakken, 1992). Hal ini dengan pengecualian jika perairan tersebut adalah *clear water* atau perairan jernih.

2.5 Pemetaan Batimetri dengan Penginderaan Jauh

Metode pemetaan kedalaman air untuk perairan dangkal banyak didasari oleh teori perjalanan radiasi di dalam air menggunakan spektrum sinar tampak. Konsep dasar penggunaan penginderaan jauh untuk pemetaan batimetri adalah gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang yang berbeda akan menembus badan air dengan kedalaman yang berbeda pula. Semakin kecil panjang gelombang, maka spektrum tersebut semakin dalam daya tembusnya pada badan air. Misalnya ketika gelombang elektromagnetik menembus badan air, maka energi radiasi tersebut akan ditransmisikan, diserap, dipancarkan, dihamburkan, dan dipantulkan kembali. Sifat optis dari air akan sangat mempengaruhi kemampuan dari gelombang elektromagnetik dalam berinteraksi dengan badan air.

Sistem penginderaan jauh pasif hanya mampu mengestimasi kedalaman perairan dangkal kurang lebih sampai kedalaman 30 m (Lyzenga, 1978). Pada beberapa tempat bahkan kurang dari 30 m. Bierwith (1993) di perairan *Great Barrier Reef* hanya mampu mengestimasi kedalaman sampai dengan 11 meter. Stumft et al (2003) mampu mengestimasi kedalaman pada perairan yang sedikit keruh sampai dengan kedalaman 25 meter. Kondisi perairan yang bermacam-macam mengakibatkan dasar laut dangkal terdapat ekosistem yang berbeda dengan perairan dalam. Ekosistem yang menonjol keberadaannya adalah terumbu karang, lamun dan pasir.

Berdasarkan Ariana (2002) terdapat 3 faktor yang berperan cukup besar terhadap respon spektral air yaitu :

- a. Material yang terkandung dalam air
Energi elektromagnetik yang melewati suatu kolom air jernih akan mengalami penurunan intensitas total dan perubahan dalam hal komposisi spektralnya sejalan dengan perubahan kedalaman. Proses ini mengubah intensitas hamburan dan serapan energi elektromagnetik.
- b. Kekasaran permukaan air
Pada permukaan air yang tenang, dapat dianggap sebagai bidang datar pada batas 2 media dielektrik yang *homogeny* (udara-air) dan pantulan tenaga pada bidang tersebut dapat diketahui dengan pasti. Pada berbagai sudut datang, hanya terjadi pantulan dengan satu yang sesuai dengan hukum pantulan
- c. Kedalaman dasar tubuh air
Tenaga elektromagnetik yang muncul dari permukaan laut berasal dari 2 sumber, yaitu tenaga yang dipantulkan oleh permukaan air dan tenaga yang dihamburkan balik oleh molekul air. Pengaruh radiasi tenaga tersebut, sementara penetrasi tenaga elektromagnetik sendiri masih dipengaruhi oleh antenuasi, sehingga kedalaman ini bervariasi dengan panjang gelombang yang digunakan. Oleh karena itu pemetaan batimetri dengan penginderaan jauh dapat dilakukan bila kondisi perairan jernih dan tenang.

2.6 Pengolahan Citra

2.6.1 Koreksi Radiometrik

Dalam mengolah data citra, terdapat kesalahan - kesalahan sehingga perlu dilakukan koreksi. Koreksi radiometrik adalah langkah untuk memperbaiki kualitas visual citra dan memperbaiki nilai piksel yang tidak sesuai dengan nilai pantulan atau pancaran objek yang sebenarnya (Jensen, 2000). Koreksi ini berfungsi untuk menghilangkan efek yang mengubah karakteristik spektral fitur tanah,

kecuali untuk perubahan aktual pada target tanah. Proses ini menjadi hal yang wajib pada pengolahan citra satelit multispektral. Tujuan utamanya adalah untuk mengurangi pengaruh kesalahan atau inkonsistensi dalam nilai-nilai kecerahan citra yang dapat mempengaruhi hasil. Koreksi ini dilakukan karena citra hasil rekaman mempunyai berbagai kesalahan.

Koreksi radiometrik citra diperlukan untuk memperbaiki kualitas visual citra sekaligus memperbaiki nilai-nilai piksel yang tidak sesuai dengan nilai pantulan obyek yang sebenarnya. Beberapa sumber distorsi radiometrik citra pada sensor pasif adalah kondisi atmosfer dan sensor pencahayaan matahari. Kesalahan radiometrik yang ditujukan untuk memperbaiki kualitas visual citra berupa pengisian kembali baris yang kosong karena drop out baris maupun kesalahan awal pelarikan (*scanning start*). Baris atau bagian baris yang bernilai tidak seharusnya, koreksi kembali dengan mengambil nilai piksel satu baris diatas dan dibawahnya, kemudian dirata-rata.

Algoritma yang digunakan untuk melakukan koreksi radiometrik pada Landsat 8 adalah dengan merubah nilai *digital number* menjadi nilai *radianance* (USGS, 2016). Adapun rumus sebagai berikut :

$$L\lambda = M_L * Q_{cal} + A_L \quad (2.1)$$

Dimana :

$L\lambda$ = Spectral radiance in watts/(meter squared * ster * μm)

M_L = Band-specific multiplicative rescaling factor from metadata

A_L = Band-specific additive rescaling factor from metadata.

Q_{cal} = Quantized and calibrated standard product pixel values (DN)

$$P\lambda = M_p * Q_{cal} + A_p \quad (2.2)$$

Dimana :

$P\lambda$ = *TOA (Top of Atmosphere) planetary reflectance, without correction for solar*

M_p = *Band Spesific multiplicative rescaling factor from the metadata*

A_p = *Band Spesific additive rescaling factor from the metadata*

Q_{cal} = *Quantized and Calibrates standard product pixel values (DN)*

2.6.2 Koreksi Atmosferik

Koreksi atmosferik adalah koreksi untuk menghilangkan kesalahan radan yang terekam pada citra sebagai akibat dari hamburan atmosfer (*path radiance*). Hamburan atmosfer bervariasi menurut panjang gelombang dan nilai koreksi atmosfer berbeda-beda pada masing-masing kanal citra. Koreksi atmosfer merupakan langkah pertama yang sangat penting untuk melakukan pengderaan jauh pada *water-colour*. (Jaelani dkk, 2013)

Metode koreksi atmosferik salah satunya adalah metode *Second Simulation of a Satellite Signal in the Solar Spectrum-Vector* (6SV). Reflektan terkoreksi atmosfer diturunkan dari radian sensor menggunakan persamaan:

$$Y = X_a * (L\lambda) - X_b \quad (2.3)$$

$$ACR = Y / (1 + X_c * Y) \quad (2.4)$$

$$R_{rs} (sr^{-1}) = \frac{ACR}{\pi} \quad (2.5)$$

Dimana ACR merupakan reflektan terkoreksi efek atmosfer (*Atmospheric Corrected Reflectance*), $L\lambda$ adalah citra berformat radian, x_a x_b x_c adalah parameter koreksi yang diperoleh dengan menjalankan perangkat lunak 6SV

berbasis web yang ada di <http://6s.ltdri.org/>. Setelah koreksi atmosferik dilakukan, kemudian nilai reflektan tersebut diubah menjadi nilai *Reflectance Remote Sensing* (Rrs).

2.7 Algoritma Van Hengel Dan Spitzer

Van Hengel dan Spitzer (1991) memperkenalkan sebuah algoritma untuk menghasilkan informasi batimetri menggunakan data citra Landsat dengan menggunakan matriks tranformasi rotasi. Pada Citra Landsat 8, menggunakan kombinasi kanal 2,3 dan 4.

$$\bullet \quad r = \arctan (U_r + \sqrt{U_r^2 + 1}) \quad (2.6)$$

$$\bullet \quad s = \arctan (U_s + \sqrt{U_s^2 + 1}) \quad (2.7)$$

$$\bullet \quad U_r = \frac{Var \ x_3 + Var \ x_2}{2 \ Cov \ x_2 x_3} \quad (2.8)$$

$$\bullet \quad U_s = \frac{Var \ x_4 + Var \ x_2}{2 \ Cov \ x_2 x_4} \quad (2.9)$$

Dimana :

Var x2	: Data Varians kanal 2
Var x3	: Data Varians kanal 3
Var x4	: Data Varians kanal 4
Cov x2x3	: Data Kovarians kanal 2 dan 3
Cov x2x4	: Data Kovarians kanal 2 dan 4

U_r dan U_s dihitung untuk diajdikan parameter dalam menghitung r dan s . r dan s adalah nilai sudut rotasi yang dijadikan parameter untuk menghitung nilai indeks kedalaman pada transformasi rotasi yang digunakan pada algoritma Van Hengel dan Spitzer.

$$Y1 = [\cos(r) \sin(s) X2] + [\sin(r) \cos(s) X3] + [\sin(s) X4] \quad (2.10)$$

Dimana :

Y_1 = Kedalaman relatif (Indeks Kedalaman)

X_i = Nilai Reflektan kanal ke- i

2.8 Penelitian Terdahulu

Telah dilakukan penelitian sebelumnya tentang pemanfaatan teknik penginderaan jauh untuk pemetaan batimetri. Salah satunya adalah penelitian Munawar Kholil (2007) yaitu Pembuatan Peta Bathymetri menggunakan citra satelit Formosat 2 di Kepulauan seribu. Pada penelitian ini menggunakan citra satelit multispektral Formosat-2. Penelitian ini menggunakan algoritma Jupp dengan penerapan metode *DOP (Depth of Penetration Zones)*.

Selanjutnya adalah penelitian Prihatin Ika, W (2008) yaitu Pengembangan Algoritma untuk Estimasi Kedalaman Perairan Dangkal Menggunakan Landsat 7 ETM di Kepulauan Seribu Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa: 1) Kedalaman perairan dangkal di Pulau Pari, sebagai lokasi penelitian, dapat diestimasi dari citra satelit Landsat-7 ETM+ ; 2) Kombinasi band 321 citra satelit Landsat 7 ETM+ adalah kombinasi terbaik dari algoritma VHS; 3) Model NDA terbaik untuk estimasi kedalaman perairan dangkal adalah persamaan eksponensial $y = 21,07e^{-0,0591x}$; 4) Model NDA terbaik mempunyai galat rata-rata yang lebih kecil pada kedalaman kurang dari 9 meter sedangkan algoritma VHS mempunyai galat rata-rata yang lebih kecil pada kedalaman lebih dari 9 meter.

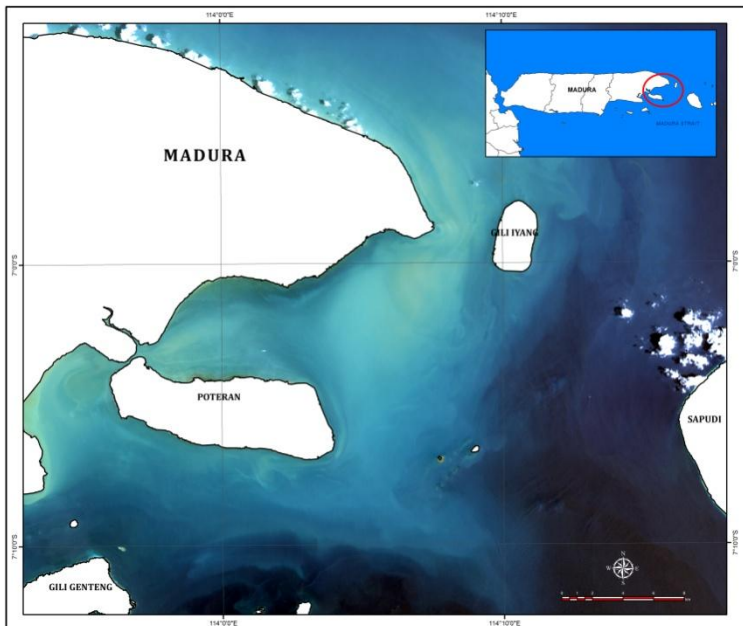
Selanjutnya adalah Penelitian Mariska Titiarni (2009) yaitu Perbandingan Hasil Survei Batimetri di Daerah Pesisir dengan Menggunakan Peta Batimetri dan Citra ASTER di Pati, Jawa Tengah. Pada penelitian ini menggunakan algoritma Jupp (1988) dan metode DOP. Dari penelitian ini didapat informasi perairan menggunakan citra ASTER dengan 4 zona DOP yaitu zona 1 dengan kedalaman 0 – 1,3 m, zona 2 dengan kedalaman 1,4 – 3,5 m, zona 3 dengan kedalaman 3,6 – 5,5 m dan zona laut dalam dengan kedalaman lebih dari 5,5 m.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini mengambil daerah studi di wilayah sekitar Perairan Pulau Poteran, Madura, yang terletak di antara koordinat $113,94^{\circ}$ BT dan $7,07^{\circ}$ LS sampai $114,06^{\circ}$ BT dan $7,10^{\circ}$ LS yang secara administratif berada di Kabupaten Sumenep. Sedangkan untuk Perairan Pulau Giliyang terletak antara $114,16^{\circ}$ BT dan $6,96^{\circ}$ LS sampai $114,19^{\circ}$ BT dan $7,01^{\circ}$ LS yang juga secara administratif berada di Kabupaten Sumenep.



Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian
(Sumber : Landsat 8 bulan Oktober 2015)

3.2. Data dan Peralatan

3.2.1 Data

Data yang digunakan dalam Tugas Akhir ini yaitu:

- a. Data Citra Landsat 8 OLI Level-1T bulan April-Oktober tahun 2015.
- b. Data Citra Sentinel-2A Level-1C bulan Oktober tahun 2015.
- c. Data in-situ pengukuran batimetri di Perairan Pulau Poteran dan Pulau Giliyang, Selat Madura (waktu pengambilan data batimetri Pulau Poteran pada bulan April 2015 dan Pulau Giliyang pada bulan Oktober 2015).

3.2.2 Peralatan

Alat yang digunakan dalam Tugas Akhir ini dibagi menjadi dua, yaitu :

- a. *Hardware*

Hardware yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini yaitu Laptop Fujitsu LH532, dengan *RAM* 4GB, *processor intel core i5* dan 32-bit *Windows Operating System*. Laptop digunakan untuk pengolahan data dan penulisan laporan penelitian.

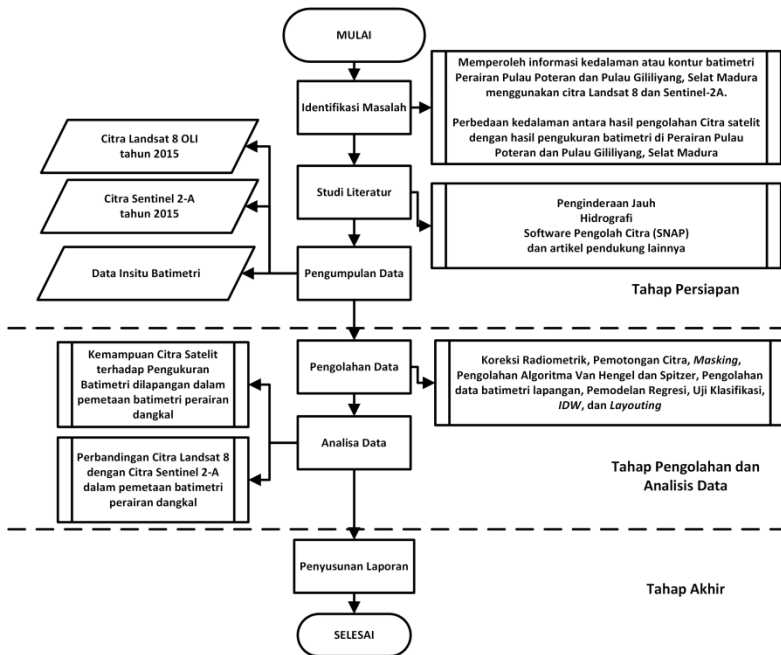
- b. *Software*

Software yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini yaitu ArcGIS 10.3 (Trial Version) dan SNAP 5.0

3.3. Metodologi Penelitian

3.3.1. Tahap Penelitian

Tahapan yang akan dilaksanakan dalam kegiatan penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3. 2 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian

Berikut adalah penjelasan mengenai diagram alir pelaksanaan penelitian :

A. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah pada tugas akhir ini adalah bagaimana memperoleh kedalaman di perairan dangkal Pulau Poteran dan Pulau Gili Iyang, Sumenep, Madura dengan menggunakan citra Landsat 8 dan citra Sentinel-2A dan seberapa besar perbedaan kedalaman citra satelit menggunakan algoritma Van Hengel dan Spitzer dengan data pengukuran batimetri lapangan.

B. Studi literatur

Pada studi literatur dilakukan kegiatan untuk mendapatkan referensi yang berhubungan dengan

penginderaan jauh, pemetaan batimetri menggunakan citradan literatur pendukung lainnya baik dari buku, jurnal, koran, dan internet.

C. Pengumpulan data

Pada pengumpulan data dilakukan pengumpulan data berupa data Citra Satelit Landsat 8 dan Citra Sentinel-2A dengan waktu pengambilan citra yaitu bulan Oktober 2015. Untuk data validasi menggunakan data insitu pengukuran batimetri Perairan Pulau Poteran dan Pulau Giliyang.

D. Pengolahan data

Pada tahapan ini dilakukan pengolahan citra Landsat 8 dan citra Sentinel-2A mulai dari koreksi radiometrik (6SV dan *SEN2COR*), *masking* citra, pengolahan algoritma Van Hengel dan Spitzer, pemodelan regresi, uji Validasi, *IDW* membuat kontur dan *layouting*

E. Analisa data

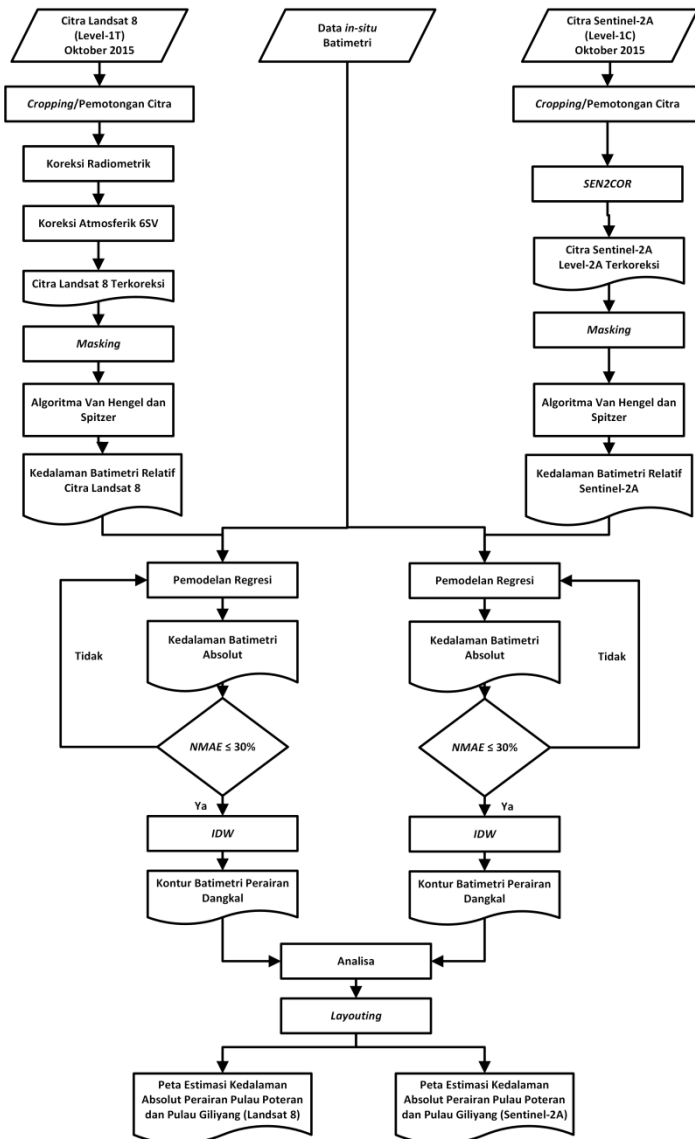
Pada analisa data dilakukan analisa mengenai kemampuan citra Landsat 8 dan citra Sentinel-2A untuk mengestimasi kedalaman yang dapat digunakan untuk pembuatan peta batimetri perairan dangkal dengan metode Van Hengel dan Spitzer serta perbandingan hasil pengolahan citra terhadap data insitu.

F. Penyusunan Laporan

Pada tahap akhir dilakukan penyusunan laporan mengenai hasil akhir dari penelitian ini dan juga output dari penelitian ini yaitu peta batimetri Pulau Poteran dan Pulau Gililiyang yang masing-masing menggunakan citra Landsat 8 dan citra Sentinel-2A.

3.3.2. Tahap Pengolahan Data

Berikut ini adalah penjelasan diagram alir tahap pengolahan data :



Gambar 3. 3 Diagram alir pengolahan data penelitian

Berikut adalah penjelasan mengenai diagram alir pengolahan data ialah sebagai berikut :

a. Pemotongan Citra

Cropping atau pemotongan citra dilakukan untuk membatasi daerah pada citra satelit agar sesuai dengan daerah studi sehingga pada saat pengerjaan lebih terfokus pada daerah yang diteliti dan mempercepat proses pengolahan data.

b. Kalibrasi Radiometrik

Kalibrasi radiometrik melibatkan pengolahan citra digital untuk meningkatkan keakuratan besaran nilai kecerahan pada citra dengan mengubah data *Digital Number* menjadi *Reflectance*. Sedangkan

c. Koreksi Atmosfer

Koreksi atmosfer pada citra Landsat 8 menggunakan metode koreksi atmosfer *6SV* dengan menggunakan perangkat lunak berbasis *web 6SV* untuk mendapatkan parameter (X_A , X_B , X_C) untuk mendapatkan nilai reflektan yang telah terkoreksi menjadi *BOA (Bottom Of Atmosphere) - Reflectance*. Sedangkan untuk citra Sentinel-2 menggunakan *SEN2COR* untuk melakukan koreksi atmosfer pada citra tersebut.

d. *Masking*

Masking adalah tahap untuk memisahkan antara daerah perairan dan daratan dengan cara memblok nilai *digital number (DN)* darat dengan nilai nol. Tahap ini dilakukan agar daerah daratan tidak mempengaruhi perairan pada saat pemasukan algoritma batimetri perairan dangkal. Pada proses masking ini menggunakan metode *NDWI (Normalized Difference Water Index)* dengan menggunakan kanal *blue* dan kanal *NIR (Near Infrared)*.

e. Algoritma Van Hengel dan Spitzer

Algoritma yang dirumuskan oleh Van Hengel dan Spitzer merupakan algoritma transformasi nilai citra

satelit untuk menghasilkan nilai kedalaman relatif di perairan dangkal. Pada proses ini, algoritma Van Hengel dan Spitzer dimasukkan kedalam citra Landsat 8 dan Sentinel-2A menggunakan *kanal Red Green Blue (RGB)*. Setelah itu akan muncul data kedalaman yang masih relatif pada kedua citra.

f. **Pemodelan Regresi**

Analisa regresi digunakan untuk mempelajari bentuk hubungan antar variabel melalui suatu persamaan. Pemodelan ini dilakukan antara nilai kedalaman relatif dari pengolahan citra dengan nilai kedalaman dari data pengukuran dilapangan untuk mendapatkan nilai kedalaman absolut atau nilai kedalaman yang sebenarnya. Analisa Regresi yang digunakan adalah regresi polinomial orde 2 pada masing pengolahan citra. Untuk mengetahui seberapa kuat hubungan antara variabel tersebut juga dilakukan analisa korelasi.

g. **Uji Validasi**

Setelah didapatkan kedalaman absolut dari kedua citra satelit, selanjutnya dilakukan Uji validasi data yang dilakukan untuk mengetahui ketepatan dalam hasil sampel pengolahan citra terhadap data insitu. Uji validasi pada penelitian ini menggunakan *Normalized Mean Absolute Error (NMAE)*. Syarat minimum *NMAE* yaitu sebesar $\leq 30\%$ (Jaelani, 2015).

h. **IDW**

Metode *IDW (Inverse Distance Weighted)* merupakan metode interpolasi konvensional yang memperhitungkan jarak sebagai bobot. Jarak yang dimaksud adalah jarak (datar) dari titik data (sampel) terhadap blok yang akan diestimasi. Jadi semakin dekat jarak antara titik sampel dan blok yang akan diestimasi maka akan semakin besar bobotnya, begitu pula sebaliknya. (Pramono, 2008). Metode *IDW* ini digunakan untuk interpolasi kontur terhadap data atau

titik-titik kedalaman perairan absolut yang sudah tervalidasi.

i. *Layouting*

Setelah didapatkannya kontur batimetri absolut maka langkah selanjutnya adalah proses *layouting* untuk pembuatan peta batimetri perairan Pulau Poteran dan Giliyang dari pengolahan citra Landsat 8 dan peta batimetri perairan Pulau Poteran dan Giliyang dari pengolahan citra Sentinel-2A.

BAB IV HASIL DAN ANALISA

4.1 Koreksi Radiometrik Citra Landsat 8 dan Sentinel-2A

4.1.1 Kalibrasi Radiometrik

Kalibrasi radiometrik adalah proses perbaikan akibat kesalahan pada sistem optik, kesalahan karena gangguan energi radiasi elektromagnetik pada atmosfer, dan kesalahan karena pengaruh sudut elevasi matahari yang dapat terjadi saat pengambilan, pengiriman dan perekaman data.

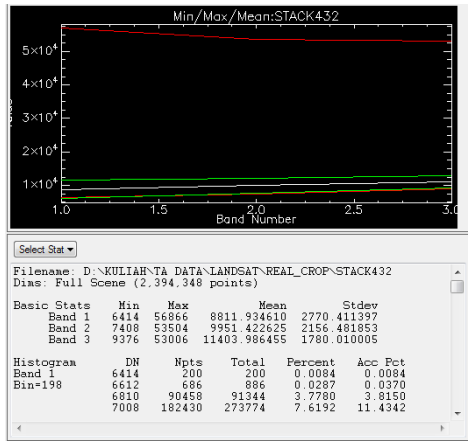
Pada data citra Landsat 8 *Level 1T* yang sudah terkoreksi geometrik selanjutnya dilakukan proses kalibrasi radiometrik dengan menggunakan parameter *Gain* dan *Offset* (Pers. 2.1) yang tersedia dalam metadata citra untuk menghasilkan data citra dalam format Radian.



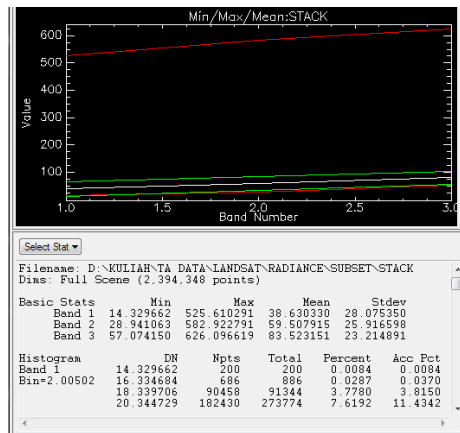
Gambar 4. 1 Citra Landsat 8 format Digital Number



Gambar 4. 2 Citra Landsat 8 format *Radiance*



Gambar 4. 3 Histogram Nilai Pksel Citra Landsat 8 *Digital Number*



Gambar 4. 4 Histogram Nilai Pixel Citra Landsat 8 *Radiance*

Berdasarkan gambar 4.1 dan 4.2, perubahan warna pada citra setelah terkalibrasi radiometrik tidak terlalu signifikan atau tidak terlalu berubah. Namun perubahan yang terlihat adalah perubahan nilai pixel yang ada pada data citra. Nilai pixel citra Landsat 8 saat belum terkalibrasi radiometrik atau yang masih berformat *Digital Number* (DN) memiliki rentang nilai yang besar yaitu berkisar ribuan hingga puluhan ribuan pada tiap pikselnya. Sedangkan setelah terkalibrasi radiometrik atau dalam format radian, nilai pikselnya menjadi menjadi lebih kecil pada setiap kanalnya. Hal ini dapat dilihat pada gambar 4.3 dan 4.4 yang menunjukkan histogram nilai pixel citra Landsat 8 yang masih dalam format DN dengan rentang nilai pixel ribuan yaitu 6414 sampai dengan 53006, dan histogram nilai pixel citra Landsat 8 yang sudah dalam format radian dengan rentang nilai pixel 14,329 sampai dengan 626,096.

4.1.2 Koreksi Atmosfer 6SV

Koreksi Atmosfer bertujuan untuk mengkonversi nilai radian *TOA* (*Top of Atmospheric*) ke nilai reflektan

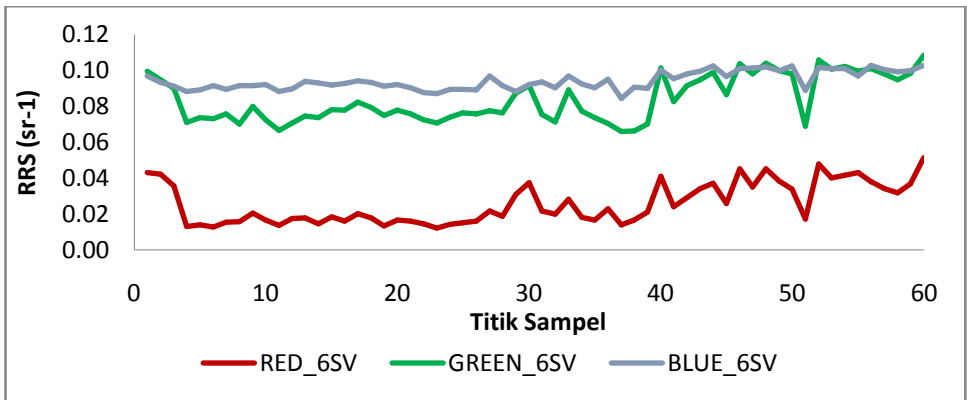
BOA (Bottom of Atmospheric). Pada penelitian ini menggunakan Metode 6SV (*Second Simulation of the Sensor Signal in the Sensor Spectrum-Vector*). Metode 6SV ini adalah salah satu metode koreksi atmosfer untuk menghilangkan pengaruh atmosfer pada nilai pemantulan citra yang diambil oleh sensor satelit.

Pada penelitian ini hanya menggunakan kanal 2 (*Blue*), 3 (*Green*), 4 (*Red*) dan 5 (*Near-Infrared*) pada citra Landsat 8. Dalam melakukan koreksi atmosfer 6SV, diperlukan beberapa parameter seperti *Geometrical Condition*, *Atmospherical Model*, *Target And Sensor Altitude*, *Spectral Condition*, *Ground Reflectance* dan *Signal*. Berikut adalah koefisien parameter koreksi atmosfer (X_A , X_B , X_C) yang didapat dari hasil simulasi menggunakan metode 6SV :

Tabel 4. 1 Koefisien Parameter Koreksi Atmosfer Citra

Kanal	X_A	X_B	X_C
2	0,00617	0,20635	0,19977
3	0,00642	0,12699	0,15409
4	0,00682	0,08440	0,12580
5	0,00961	0,05096	0,09825

Setelah kita mendapatkan parameter X_A , X_B , X_C menggunakan program 6SV berbasis web, maka langkah selanjutnya adalah menghitung koreksi atmosfer menggunakan metode 6SV dengan persamaan (2.3, 2.4 dan 2.5) untuk mendapatkan citra yang sudah terkoreksi atmosfer dengan format *BOA-reflectance* yang sudah dalam *Rrs*. Berikut adalah hasil grafik nilai reflektan setelah dilakukannya proses koreksi atmosferik menggunakan 6SV.

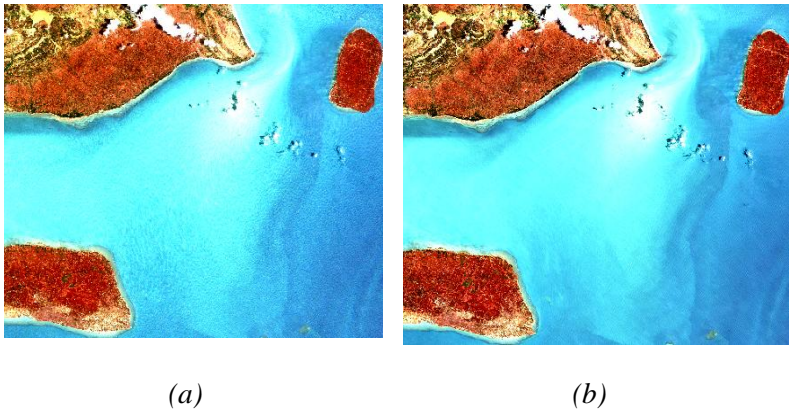


Gambar 4. 5 Grafik Nilai Pixel Setelah Koreksi atmosfer 6SV

Pada gambar 4.5, merepresentasikan grafik nilai reflektan kanal *red*, *green* dan *blue* pada citra Landsat 8. Kanal *blue* memiliki nilai reflektan yang lebih besar dibandingkan dengan kanal *green* dan *red*. Rentang nilai reflektan 0,11 sampai dengan 0,01 yang sudah dalam satuan *Rrs*.

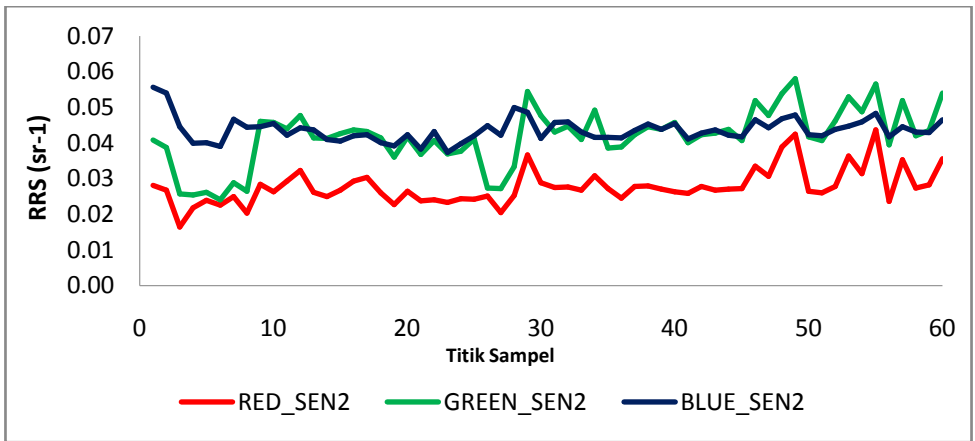
4.1.3 Koreksi Atmosferik Citra Sentinel-2

Sebelum bisa dilakukan pengolahan, terlebih dahulu dilakukan proses koreksi atmosfer pada citra sentinel. Proses koreksi atmosfer pada citra sentinel-2 biasanya menggunakan *SEN2COR*. *SEN2COR* atau *Sentinel-2 (Atmospheric) Corretion* adalah *Prototype Processor* untuk citra Sentinel-2. *SEN2COR* ini berguna untuk mengkonversikan data citra Sentinel-2 *Level 1C (TOA-Reflectance)* menjadi *Level 2A (BOA-Reflectance)*. Output citra Sentinel-2 *Level 2A* biasa digunakan untuk *Water Vapour Map*, *Aerosol Optical Map*, *Scene Classification* berserta data kualitas indikator termasuk probabilitas awan dan salju. (ESA, 2015)



Gambar 4. 6 Perbandingan hasil Citra Sentinel-2 (a) Level-1C dan (b) Level-2A

Perubahan warna yang dihasilkan dari koreksi *SEN2COR* tidak begitu signifikan namun dapat dilihat secara visual citra Sentinel-2 *Level-1C* masih terdapat bias yang ada pada gradasi perairan dan daratan. Setelah dilakukannya koreksi *SEN2COR*, perubahan terjadi pada perairan dan daratan yang lebih jelas dan kontras dan juga gradasi pada perairan hampir tidak terlihat biasanya. Berikut adalah hasil grafik nilai reflektan setelah dilakukannya proses koreksi atmosferik menggunakan *SEN2OR*.



Gambar 4. 7 Grafik Nilai Koreksi atmosfer *SEN2COR*

Pada gambar 4.7, merepresentasikan grafik nilai reflektan kanal *red*, *green* dan *blue* pada citra Sentinel-2A. Kanal *blue* memiliki nilai reflektan yang sedikit lebih besar dibandingkan dengan kanal *green* dan *red*. Rentang nilai reflektan 0,06 sampai dengan 0,02 yang sudah dalam satuan *Rrs*.

Jika dibandingkan hasil koreksi citra Sentinel-2A yang sudah terkoreksi menggunakan *SEN2COR* dengan citra Landsat 8 yang sudah terkoreksi atmosfer menggunakan 6SV, nilai reflektan perairan pada citra Landsat 8 lebih tinggi yaitu 0,11 - 0,01 dibandingkan dengan Citra Sentinel-2A 0,06 - 0,02.

4.2 Masking

Masking adalah proses pemisahan antara daratan dan perairan. Proses *masking* bertujuan agar lokasi penelitian tidak nampak di area daratan dan hanya fokus di perairan saja. Proses Masking ini menggunakan rumus *NDWI* (*Normalized Difference Wetness Index*) dengan rumus adalah sebagai berikut :

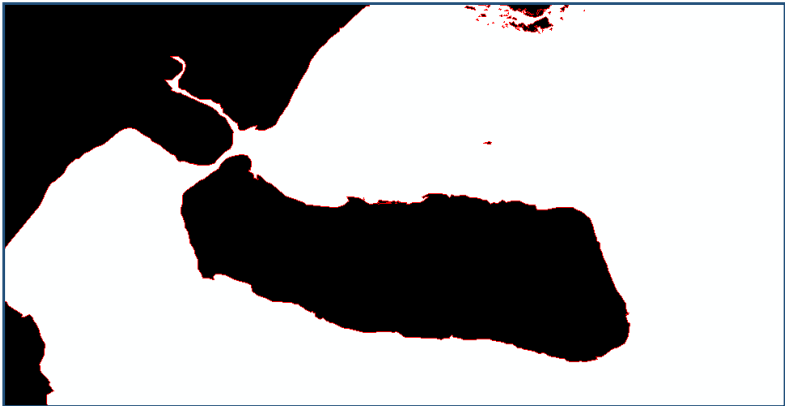
$$NDWI = \frac{(\rho_{Red} - \rho_{NIR})}{(\rho_{Red} + \rho_{NIR})} \quad (4.1)$$

Dimana :

ρ_{RED} = kanal *Red* (Landsat 8 dan Sentinel-2 : kanal 3)

ρ_{NIR} = kanal *Near Infrared* (Landsat 8 : kanal 5, Sentinel-2 : kanal 8)

Berikut adalah visualisasi hasil masking menggunakan *NDWI* pada kedua citra satelit diperairan Pulau Poteran dan Pulau Gili Iyang.



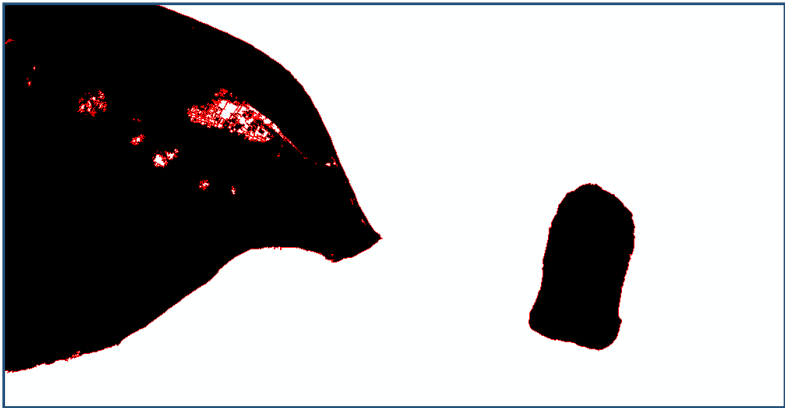
Gambar 4. 8 Hasil *Masking NDWI* citra Landsat 8 Perairan Pulau Poteran



Gambar 4. 9 Hasil *Masking NDWI* citra Landsat 8 Perairan Pulau Gili Iyang



Gambar 4. 10 Hasil *Masking NDWI* citra Sentinel-2 Perairan Pulau Poteran



Gambar 4. 11 Hasil *Masking NDWI* citra Sentinel-2 Perairan Pulau Gili Iyang

Pada Gambar 4.8 – 4.11 menunjukkan bahwa warna hitam merupakan daratan sedangkan warna putih adalah wilayah perairan yang selanjutnya akan dilakukan pengolahan. Hasil masking menggunakan citra Sentinel-2A terlihat lebih detail pada bagian garis pantai dibandingkan dengan citra Landsat 8. Hal tersebut dikarenakan resolusi spasial yang dimiliki citra Sentinel-2 lebih baik yaitu 10 m dibandingkan dengan citra Landsat 8 yang memiliki resolusi 30 m. Sehingga citra Sentinel-2 menghasilkan detail yang lebih baik karena dapat merekam ukuran objek terkecil sampai dengan 10 m.

4.3 Penerapan Algoritma Van Hengel and Spitzer

Algoritma yang dirumuskan oleh Van Hengel dan Spitzer (VHS) merupakan algoritma transformasi nilai citra satelit untuk menghasilkan nilai kedalaman relatif suatu perairan. Algoritma ini membutuhkan input berupa nilai piksel citra berupa *RGB*, sehingga pada Landsat 8 membutuhkan kanal 4, 3 dan 2.

Titik sampel berada titik yang sama dengan data insitu agar pada proses selanjutnya kedalaman absolut yang dihitung dapat dilakukan validasi terhadap data insitu.



Gambar 4. 12 Data Insitu Perairan Pulau Poteran

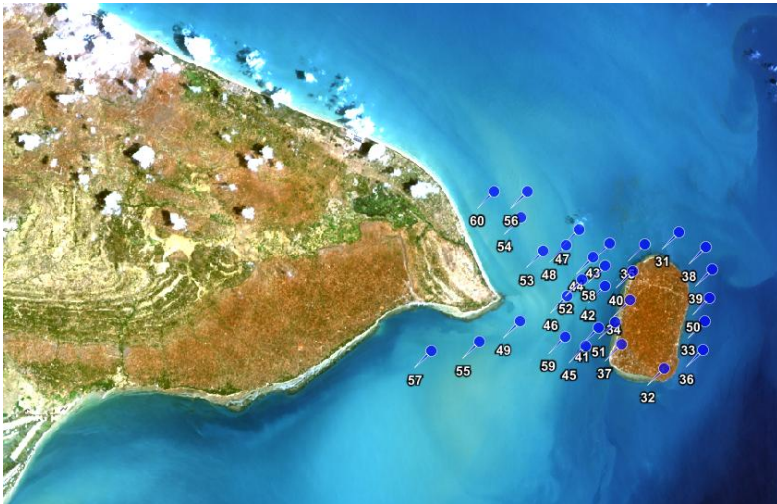


Gambar 4. 13 Data Insitu Perairan Pulau Gili Iyang

Pada gambar 4.12 dan 4.13 terdapat titik berwarna hijau yang merupakan posisi nilai kedalaman insitu dengan satuan meter dan sudah terkoreksi pasut dengan acuan *LWL* (*Low Water Level*) yang akan digunakan untuk menghitung kedalaman relatif. Sampel yang digunakan untuk menghitung kedalaman relatif adalah 60 titik yang masing-masing tersebar di perairan Pulau Poteran dan Gili Iyang.



Gambar 4. 14 Sebaran Titik Sampel di Perairan Pulau Poteran



Gambar 4. 15 Sebaran Titik Sampel di Perairan Pulau Gili Iyang

Pada gambar 4.14 dan 4.15, menggambarkan letak atau posisi titik sampel yang tersebar di perairan Pulau Poteran dan

Gili Iyang. Setelah titik sampel sudah tersebar, selanjutnya dilakukan *extract pixel value* pada tiap titik sampel. Tujuannya adalah untuk mencari tahu nilai piksel atau nilai reflektan pada tiap kanal citra yang ada di titik sampel. Selanjutnya adalah mencari nilai varian dan kovarian nilai reflektan citra yang akan digunakan untuk algoritma VHS.

Tabel 4. 2 Nilai Kovarian Landsat 8 dan Sentinel-2A

Kanal	Nilai Varian	
	Landsat 8	Sentinel-2A
4	0,000125991	0,000025041
3	0,000159108	0,000030556
2	0,000025043	0,000007474

Tabel 4. 3 Nilai Kovarian Landsat 8

Kovarian Landsat 8			
Kanal	4	3	2
4	-	0,000130556	0,000044631
3	0,000130556	-	0,000055214
2	0,000044631	0,000055214	-

Tabel 4. 4 Nilai Kovarian Sentinel-2A

Kovarian Sentinel-2A			
Kanal	4	3	2
4	-	0,000012512	0,000010468
3	0,000012512	-	0,000012512
2	0,000010468	0,000012512	-

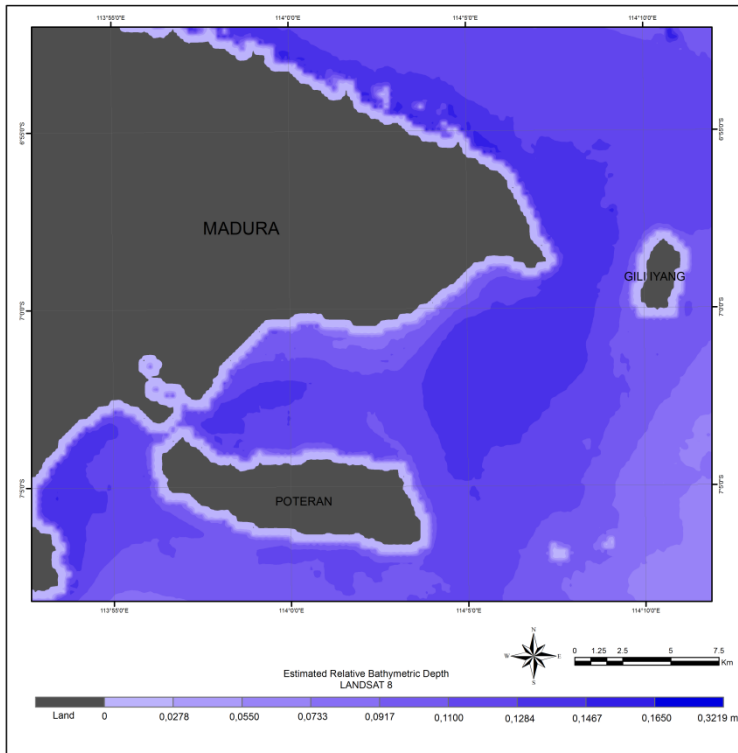
Jika dilihat dari tabel 4.2, 4.3 dan 4.4, nilai varian dan kovarian citra pada kanal *RGB* Landsat 8 lebih besar dibandingkan dengan kanal *RGB* pada citra Sentinel-2A. Tahap selanjutnya adalah menentukan nilai *r* dan *s* (Pers 2.5 dan 2.6)

yang didapat dari nilai varian dan kovarian dari masing-masing nilai reflektan sampel point kanal citra yang memiliki nilai kedalaman insitu.

Tabel 4. 5 Nilai Parameter (r dan s) Landsat 8 dan Sentinel-2A

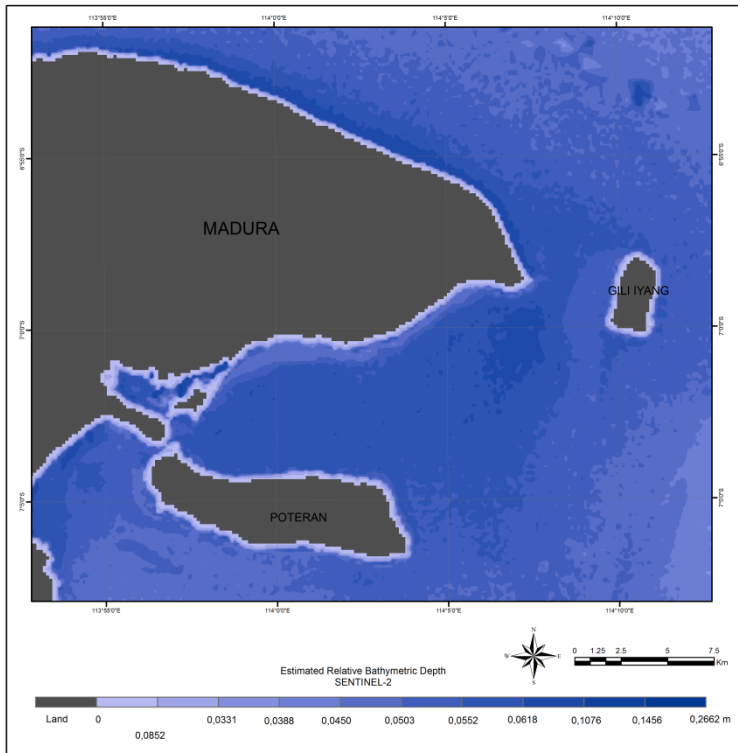
	Landsat 8	Sentinel-2A
Ur	1,667618479	1,519722616
r	74,52533655	73,327245570
Us	1,692036372	1,553073192
s	74,70837469	73,611568150

Dapat dilihat dari tabel 4.5, nilai parameter rotasi yaitu r dan s memiliki nilai yang tidak jauh berbeda antara kedua citra. Setelah nilai r dan s diketahui, maka dapat menghitung kedalaman relatif citra satelit menggunakan persamaan 2.10. Berikut adalah visualisasi hasil dari penerapan algoritma VHS pada citra Landsat 8 berupa nilai kedalaman relatif.



Gambar 4. 16 Peta Kedalaman Relatif Citra Landsat 8

Pada gambar 4.16 menunjukkan bahwa warna abu-abu merupakan daratan. Untuk rentang nilai kedalaman relatifnya pada bergantung pada gradasi warna yang menandakan makin tua atau gelap warna perairan, maka makin tinggi nilai kedalaman relatifnya. Berikut adalah visualisasi hasil dari penerapan algoritma VHS pada citra Sentinel-2 berupa nilai kedalaman relatif.



Gambar 4. 17 Peta Kedalaman Relatif Citra Sentinel-2A

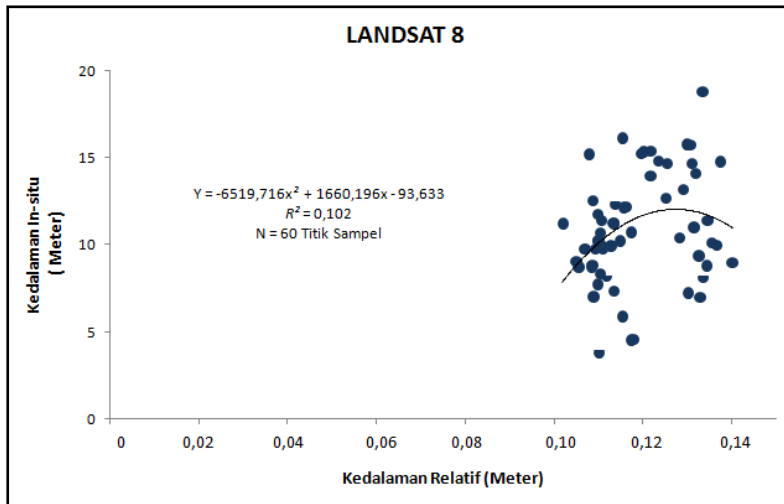
Pada gambar 4.17 menunjukkan bahwa warna abu-abu merupakan daratan. Untuk rentang nilai kedalaman relatifnya bergantung pada gradasi warna yang menandakan makin tua atau gelap warna perairan, maka makin tinggi nilai kedalaman relatifnya.

Dapat kita lihat dari gambar 4.16 dan 4.17, nilai kedalaman relatif yang didapat citra landsat 8 lebih besar yaitu 0,3219 m sedangkan nilai kedalaman relatif pada citra Sentinel-2 sampai dengan 0,2662 m. Kedalaman relatif pada citra satelit bukanlah kedalaman yang sebenarnya karena kedalaman relatif adalah nilai

yang didapat dari citra satelit sehingga harus diolah kembali untuk mendapatkan nilai kedalaman yang absolut.

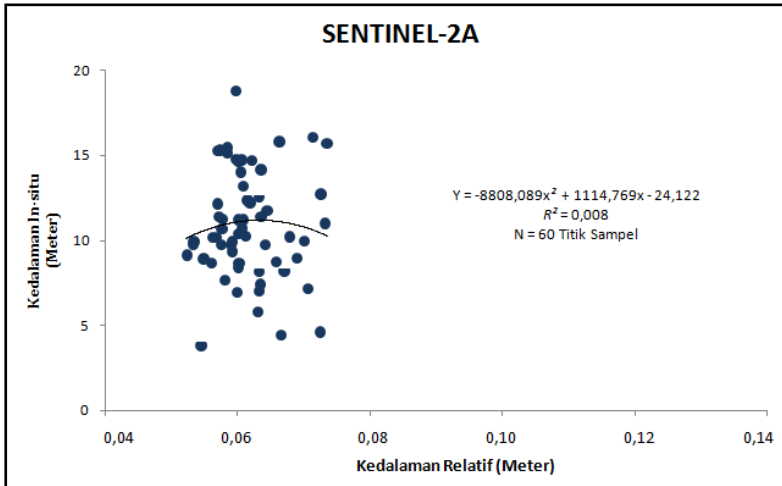
4.4 Analisa Regresi dan Korelasi

Analisa regresi dan korelasi memiliki definisi yang berbeda. Analisa regresi digunakan untuk mempelajari bentuk hubungan antar variabel melalui suatu persamaan sedangkan korelasi digunakan untuk mengetahui seberapa kuat pengaruh antar variabel berdasarkan angka dengan rentang nilai -1 sampai dengan 1, makin dekat nilai korelasi dengan angka -1 atau 1, maka makin kuat hubungan atau korelasi antar variabel (Sugiyono, 2009). Kedalaman relatif yang sudah dihitung tersebut harus diubah menjadi kedalaman absolut untuk mendapatkan nilai kedalaman sebenarnya berdasarkan pengolahan citra satelit. Maka dilakukannya pemodelan regresi antara kedalaman relatif terhadap data insitu untuk mendapatkan nilai estimasi kedalaman absolut dengan kedalaman insitu dinyatakan sebagai sumbu Y sedangkan kedalaman relatif sebagai sumbu X. Analisa regresi yang digunakan adalah regresi polinomial orde 2 dengan kanal *RGB* pada masing-masing citra. Untuk jumlah sampel yang digunakan adalah 60 titik sampel yang tersebar di perairan Pulau Poteran da Gili Iyang. Berikut model regresi kedalaman relatif citra landsat 8 terhadap data insitu digambarkan pada gambar 4.20.



Gambar 4. 18 Model Regresi Estimasi Kedalaman Relatif antara
Landsat 8 dan Kedalaman Insitu

Hasil pemodelan regresi ini memiliki nilai korelasi (R^2) yaitu 0,102. Berikut adalah hasil model regresi yang didapat dari data citra Sentinel-2A.



Gambar 4. 19 Model Regresi Estimasi Kedalaman Relatif antara Sentinel-2A dan Kedalaman Insitu

Hasil pemodelan regresi ini memiliki nilai korelasi yaitu 0,008. Korelasi model regresi pada citra Landsat 8 masih lebih baik daripada citra Sentinel-2A. Hasil korelasi antara kedalaman relatif masing-masing terhadap data insitu termasuk lemah.

Setelah didapat hasil pemodelan regresinya, maka dapat dihitung nilai kedalaman absolut menggunakan regresi masing-masing citra. Berikut adalah hasil model regresi yang didapat dari data citra Landsat 8 dan Sentinel-2A.

$$y = -6519,726(KR_{\text{Landsat}})^2 + 2660,196(KR_{\text{Landsat}}) - 93,633 \quad (4.2)$$

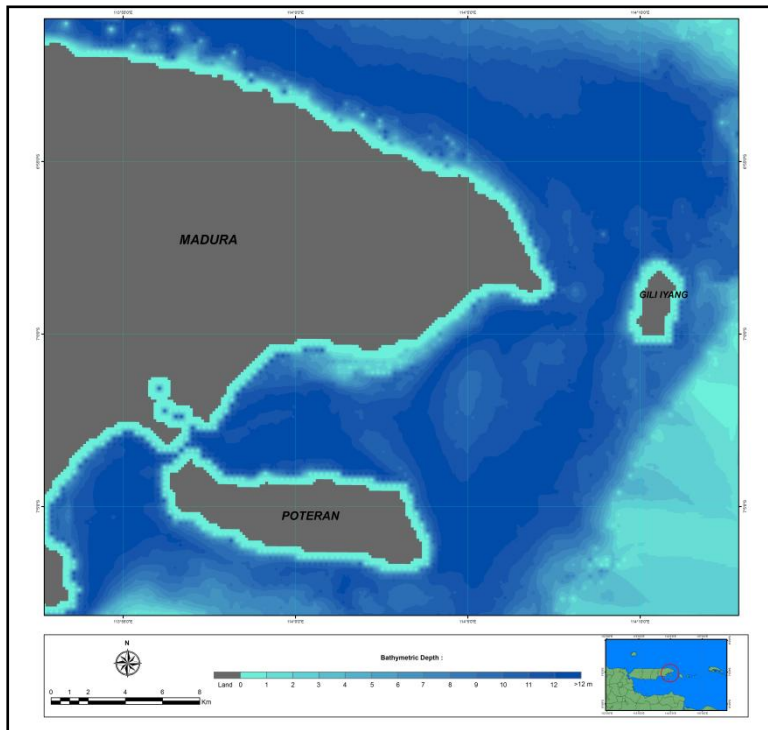
$$y = -8808,089(KR_{\text{Sentinel}})^2 + 1114,769(KR_{\text{Sentinel}}) - 24,122 \quad (4.3)$$

Dimana KR_{Landsat} adalah nilai kedalaman relatif dari citra landsat 8, KR_{Sentinel} adalah nilai kedalaman relatif dari citra Sentinel-2A dan y adalah nilai estimasi kedalaman absolut dan y adalah nilai estimasi kedalaman absolut.

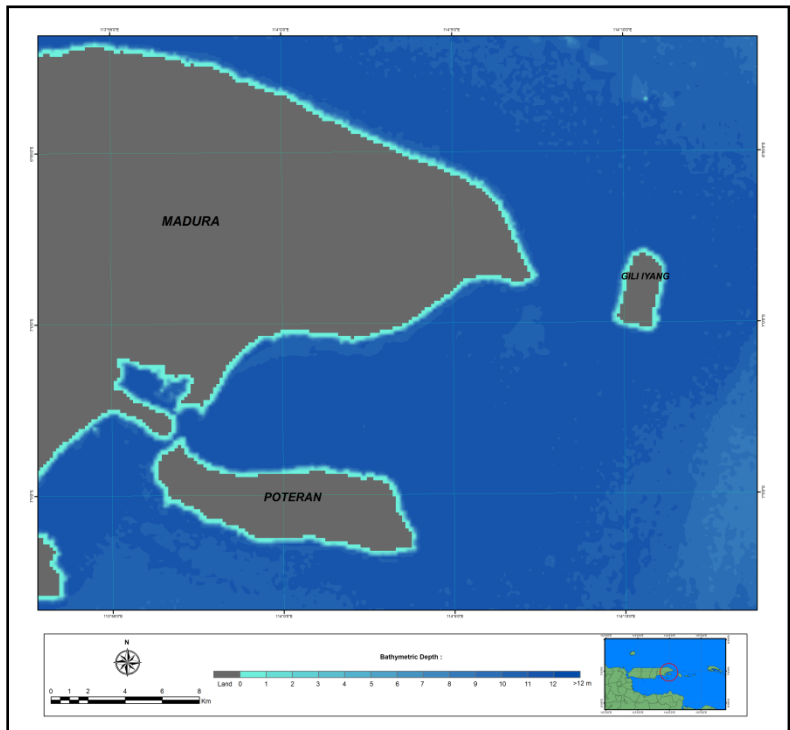
4.5 Analisa Hasil Estimasi Kedalaman Absolut

Rentang kedalaman absolut yang dihasilkan pada sample citra Landsat 8 adalah 8,867 - 12, 534 meter dan untuk citra Sentinel-2 adalah 10,892 - 11,478 meter. Estimasi kedalaman absolut yang diolah menggunakan Landsat 8 memiliki rentang kedalaman yang lebih lebar dibandingkan dengan hasil olahan Sentinel-2A (3,342 m dan 1,929 m). Kedua data citra tersebut tidak dapat mengambil data kedalaman lebih dari 13 meter yang mana kedalaman insitu tersebut dapat melebihi 13 meter.

Berikut adalah hasil dari estimasi kedalaman absolut menggunakan persamaan regresi polinomial (4.2) dan (4.3) pada masing-masing citra.

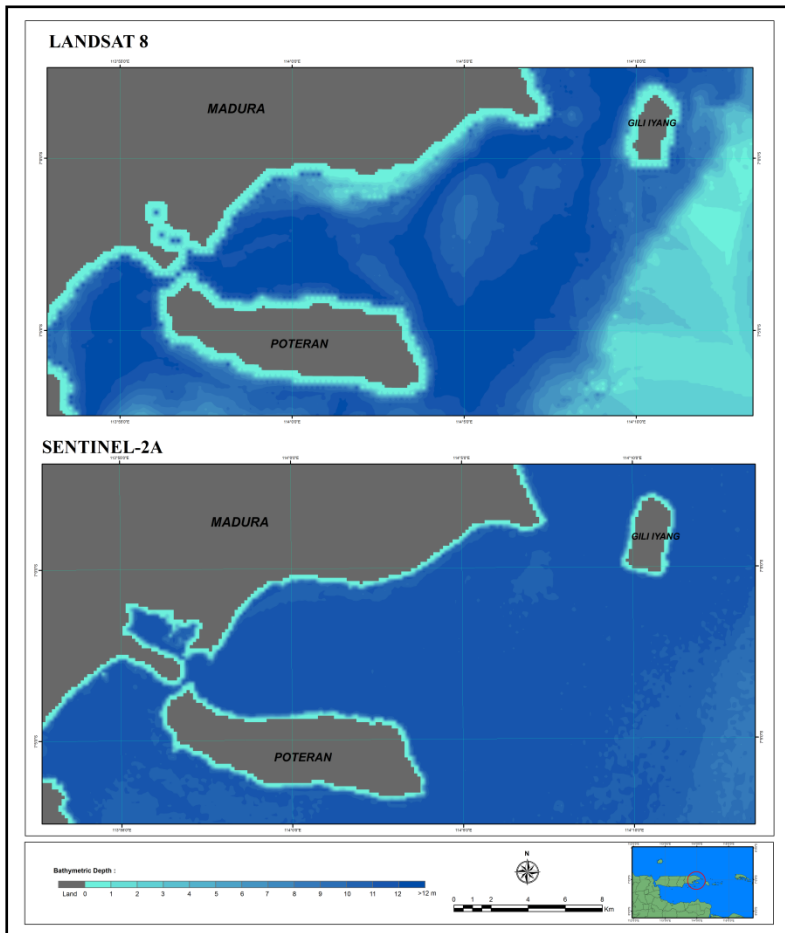


Gambar 4. 20 Estimasi Kedalaman Absolut Menggunakan Citra Landsat 8



Gambar 4. 21 Estimasi Kedalaman Absolut Menggunakan Citra Sentinel-2A

Estimasi kedalaman absolut yang didapat dari titik sampel menggunakan citra Landsat 8 adalah sampai dengan kedalaman maksimum 12,056 meter sedangkan untuk citra Sentinel-2 sampai dengan kedalaman maksimum 11,477 meter. Dari hasil tersebut dapat diketahui Landsat 8 dapat mengestimasi kedalaman lebih besar daripada citra Sentinel-2A.



Gambar 4. 22 Analisa Kedalaman Absolut Citra Landsat 8 dan Sentinel-2A

Pada Gambar 4.24, dapat dilihat terjadinya pendangkalan atau rendahnya kedalaman di daerah tersebut padahal area tersebut adalah termasuk perairan dalam. Kemampuan algoritma VHS dalam menentukan kedalaman tidak dapat digunakan pada perairan dalam sehingga Algoritma tersebut mendeteksi area

tersebut sebagai perairan yang dangkal dikarenakan selain warna pada citra yang gelap dan juga nilai reflektan citra yang membuat algoritma ini mengidentifikasi perairan dengan warna yang gelap sebagai perairan dangkal. Hal ini terjadi pada hasil kedalaman absolut kedua citra.

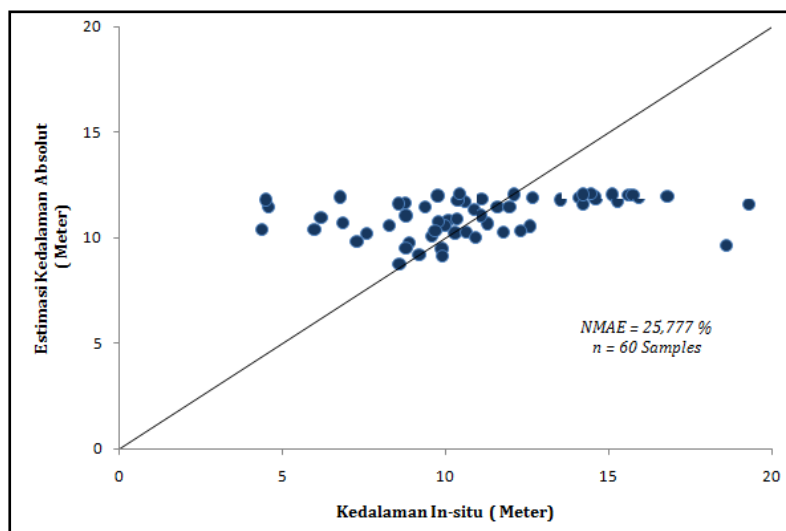
Selain itu beberapa faktor yang mempengaruhi kemampuan citra multispektral resolusi menengah dalam mengestimasi kedalaman adalah kemampuan sensor dalam menembus kolom air di suatu perairan yang juga dipengaruhi oleh kekeruhan perairan tersebut.

4.6 Validasi Estimasi Kedalaman

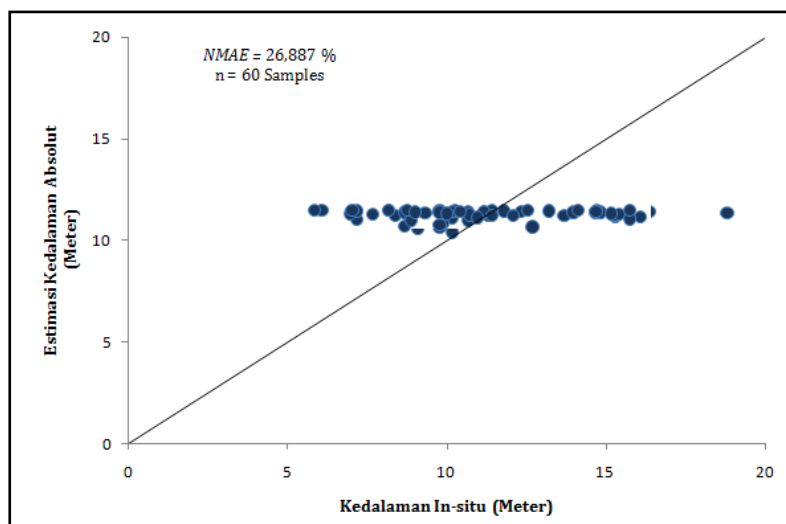
Validasi dilakukan untuk mengetahui sesuai atau tidaknya metode yang digunakan. Nilai yang dihitung adalah sampel acak yang berbeda dari sampel yang digunakan untuk mendapatkan nilai regresinya. Sampel acak digunakan sebagai validasi antara kedalaman absolut dari pemodelan regresi tersebut terhadap kedalaman insitu dengan menggunakan uji validasi *NMAE*. Syarat minimum *NMAE* yaitu sebesar $\leq 30\%$ (Jaelani, 2015).

$$NMAE (\%) = \frac{1}{N} \sum \left| \frac{x_{estimated} - x_{measured}}{x_{measured}} \right| \cdot 100 \quad (4.4)$$

$X_{estimated}$ adalah nilai dari estimasi kedalaman absolut yang telah diolah menggunakan regresi dari algoritma Van Hengel and Spitzer, $X_{measured}$ adalah nilai kedalaman hasil pengukuran atau data insitu dan N adalah jumlah titik sampel yang digunakan. Berikut adalah hasil uji validasi *NMAE* pada kedalaman absolut yang didapat citra Landsat 8 dan citra Sentinel-2A terhadap data insitu.



Gambar 4. 23 Akurasi Estimasi Kedalaman Absolut menggunakan Citra Landsat 8



Gambar 4. 24 Akurasi Estimasi Kedalaman menggunakan Citra Sentinel-2A

Gambar 4.23 dan 4.24 merepresentasi akurasi data estimasi yang dibandingkan menggunakan data insitu dengan *NMAE* 25,777% untuk data citra Landsat dan 26,887% untuk citra Sentinel-2A. Hasil *NMAE* mengindikasikan bahwa akurasi data estimasi kedalaman dapat diterima untuk kedua sumber data tersebut.

Tabel 4. 6 Hasil Sampel Estimasi Kedalaman Absolut dari Pengolahan Citra Landsat 8 dan Sentinel-2A

Citra Satelit	Kedalaman Absolut Rata-rata (Meter)	Maksimum Kedalaman Absolut (Meter)	Minimum Kedalaman Absolut (Meter)	Nilai Korelasi antara Kedalaman Insitu (R^2)	<i>NMAE</i> (%)
Landsat 8	11,016	12,056	8,714	0,102	25,777
Sentinel -2A	10,477	11,149	9,220	0,008	26,877

Dari Tabel. 4.6, dapat dilihat hasil dari estimasi kedalaman absolut dari 60 titik sampel bahwa citra Landsat 8 dapat mengestimasi kedalaman absolut lebih baik dibandingkan dengan citra Sentinel-2A. Walaupun citra Sentinel-2A memiliki resolusi spasial lebih baik yaitu 10 meter dibandingkan dengan citra Landsat 8 yaitu 30 meter, tetapi nilai reflektan perairan pada kanal *RGB* citra Landsat 8 memiliki nilai lebih tinggi dibandingkan dengan nilai reflektan citra Sentinel-2A. nilai reflektan pada citra akan mempengaruhi nilai kedalaman absolut yang didapat karena dalam konsep pemetaan kedalaman menggunakan citra satelit multispektral juga memanfaatkan nilai reflektan perairan pada citra satelit.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil analisis penelitian ini yang telah dikemukakan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- A. Citra Landsat 8 memiliki rentang estimasi kedalaman absolut yang lebih baik dibandingkan dengan hasil yang di dapat dari citra Sentinel-2. hal ini juga dikarenakan pada citra Landsat 8 memiliki nilai reлектan lebih besar dibandingkan dengan citra Sentinel-2A karena dalam mengestimasi kedalaman menggunakan citra satelit membutuhkan nilai reflektan perairan pada citra satelit. Namun kedua citra satelit ini tidak berhasil mengestimasi kedalaman absolut lebih dari 13 meter.
- B. Nilai Korelasi atau hubungan antara nilai kedalaman absolut yang didapat menggunakan citra Landsat 8 dan Sentinel-2A terhadap nilai kedalaman insitu termasuk rendah yaitu 0,102 untuk Landsat 8 dan 0,008 untuk Sentinel-2A. Hasil validasi estimasi kedalaman menggunakan citra Landsat 8 menunjukkan nilai NMAE yang lebih baik dibandingkan dengan citra Sentinel-2A (25,777% dan 26,887%). Dari hasil tersebut dapat mengindikasikan bahwa akurasi data estimasi kedalaman dapat diterima untuk kedua sumber data tersebut namun memiliki nilai korelasi yang lemah antara hasil kedalaman absolut terhadap data kedalaman insitu sehingga perlu dikaji kembali kesesuaian algoritma tersebut.

5.2 Saran

Saran untuk Penelitian berikutnya adalah :

- A. Perlu dilakukan penelitian kembali untuk penerapan algoritma Van Hengel dan Spitzer dengan menggunakan citra resolusi tinggi atau citra hiperspektral

- B. Penentuan lokasi area yang digunakan sebaiknya tidaklah terlalu luas atau hanya disekitar perairan di pulau-pulau kecil
- C. Data citra yang digunakan sebaiknya tidak banyak tertutup oleh awan, agar informasi yang didapat sesuai dengan keadaan yang sebenarnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariana D. 2002. *Pemetaan batimetri dan karakteristik dasar perairan dangkal di pulau Danger-propinsi NTB dengan data satelit penginderaan jauh*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Bierwirth, P.N, T Lee and R V Burne. 1993. *Shallow Sea-Floor Reflectance and Water Depth Derived by Unmixing Multispectral Imagery. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol.59, No.3, 331-338.*
- Cribb dkk. 2009. “Indonesia as an archipelago: Managing islands, managing the seas,” *Indonesia beyond Water’s Edge Managing an Archipelago State*, pp. 1–27.
- Danoedoro, P. 1996. *Pengolahan Citra Digital Teori dan Aplikasinya dalam Bidang Penginderaan Jauh*. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.
- European Space Agency. 2015. “Sentinel-2 User Handbook,”https://earth.esa.int/documents/247904/685211/Sentinel-2_User_Handbook. [diakses pada tanggal: 10-Mei-2017].
- Gao, B. 1996. “NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space,” *Remote Sensing Environment.*, vol. 58, no. 3, pp. 257–266.
- Jaelani, L.M., Matsuhita, B., Yang W., dan Fukushima T. 2013. “Evaluation of four MERIS Atmospheric Correction Algorithm in Lake Kasumigaura, Japan.” *International*

- Journal of Remote Sensing* 34 (24). Taylor & Francis: 8967 – 85. doi:10.1080/01431161.2013.860660.
- Jaelani L.M., Setiawan. F., and Matsushita, B., 2015. “*Uji Akurasi Produk Reflektan-Permukaan Landsat Menggunakan Data In situ di Danau Kasumigaura, Jepang,*” *Pertemuan Ilmiah Tahunan Masyarakat Ahli Penginderaan Jauh Indonesia*, 2015, no. XX, pp. 464–470.
- Jensen, John R. 2000. *Remote Sensing Of The Environment : An Earth Resource Perspective*. Upper Saddle River, New Jersey.
- Jupp, D.L.B. 1988. *Background and Extensions to Depth of Penetration (DOP) Mapping in Shallow Coastal Waters. Proceedings of the Symposium on Remote Sensing of the Coastal Zone. Gold Coast. Quennsland. IV.2.1 – IV.2.19.*
- Kholil, M., B.M. Sukojo., Y. Wahyudi., & A.B Cahyono. 2007. *Pembuatan Peta Batimetri Menggunakan Citra Satelit Formosat 2 di Kepulauan Seribu*. Proceeding Geo-Marine Research Forum 2007. Hal 187-201
- LAPAN. 2013. *Jurnal Berita Dirgantara Vol. 11 No.2 Juni 2010 : 47-58. Kajian Pemanfaatan Satelit Masa Depan : Sistem Penginderaan Jauh Satelit LDCM (Landsat-8)*. Bidang Pengembangan Bank Data Penginderaan Jauh Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional. Jakarta.
- Lyzenga, D.R. 1978. *Passive Remote Sensing Techniques for Mapping Water depth and Bottom Features. Applied Optics* 17:379-383.pp

- Nybakken, J. 1992. *Biologi Laut, Suatu Pendekatan Ekologi*. Jakarta : Gramedia
- Poerbandono. 1999. *Hidrografi Dasar*. Bandung : Catatan Pengajar Jurusan Teknik Geodesi Institut Teknologi Bandung.
- Poerbandono dan Djunarsjah, Eka. 2005. *Survei Hidrografi*. PT. Refika Aditama. Bandung.
- Purwadhi, S.H. 2001. *Interpretasi citra digital*. Grasindo. Jakarta. 360 h.
- Pramono, G.H,. 2008. “Akurasi Metode IDW dan Kriging untuk Interpolasi Sebaran Sedimen Tersuspensi di Maros, Sulawesi Selatan,” *Forum Geografi*., vol. 22, no. 1, pp. 145–158.
- Stumpf, R.P and Kristine, H. 2003. *Determination of water depth with high-resolution satellite imagery over variable bottom types*. *Limnol Oceanogr*, 48(1), 547-556.
- Sugiyono. 2009. *Metode Penelitian Bisnis (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D)*. Bandung: Alfabeta.
- Titiani, M. 2009. *Perbandingan hasil survei batimetri di daerah pesisir dengan menggunakan peta batimetri dan Citra Aster di Pati, Jawa Tengah*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- United States Geological Survey. 2013. “Using the USGS Landsat 8 Product | Landsat Missions,”.

<https://landsat.usgs.gov/using-usgs-landsat-8-product>.
[diakses pada tanggal : 10-Feb-2017].

Van Hengel, W. and Spitzer D. 1991. *Multi-temporal Water Depth Mapping by Means of Landsat TM. International Journal of Remote Sensing* 12:703-712.

Wahyuningrum, I.P., Jaya I, Simbolon D. 2008. *Algoritma untuk Estimasi Kedalaman Perairan Dangkal Menggunakan Data Landsat-7 ETM+ (Studi Kasus : Gugus Pulau Pari, Kepulauan Seribu Jakarta)* Buletin PSP. Volume XVII. No.3

LAMPIRAN 1, METADATA CITRA LANDSAT 8

```
GROUP = L1_METADATA_FILE
  GROUP = METADATA_FILE_INFO
    ORIGIN = "Image courtesy of the U.S.
Geological Survey"
    REQUEST_ID = "0501601143803_01268"
    LANDSAT_SCENE_ID =
"LC81170652015304LGN00"
    FILE_DATE = 2016-01-15T00:12:41Z
    STATION_ID = "LGN"
    PROCESSING_SOFTWARE_VERSION =
"LPGS_2.6.0"
  END_GROUP = METADATA_FILE_INFO
GROUP = PRODUCT_METADATA
  DATA_TYPE = "L1T"
  ELEVATION_SOURCE = "GLS2000"
  OUTPUT_FORMAT = "GEOTIFF"
  SPACECRAFT_ID = "LANDSAT_8"
  SENSOR_ID = "OLI_TIRS"
  WRS_PATH = 117
  WRS_ROW = 65
  NADIR_OFFNADIR = "NADIR"
  TARGET_WRS_PATH = 117
  TARGET_WRS_ROW = 65
  DATE_ACQUIRED = 2015-10-31
  SCENE_CENTER_TIME = "02:29:41.7116545Z"
  CORNER_UL_LAT_PRODUCT = -6.18014
  CORNER_UL_LON_PRODUCT = 113.62949
  CORNER_UR_LAT_PRODUCT = -6.18920
  CORNER_UR_LON_PRODUCT = 115.68312
  CORNER_LL_LAT_PRODUCT = -8.27692
  CORNER_LL_LON_PRODUCT = 113.61389
  CORNER_LR_LAT_PRODUCT = -8.28909
  CORNER_LR_LON_PRODUCT = 115.67701
```

```
CORNER_UL_PROJECTION_X_PRODUCT =
126900.000
CORNER_UL_PROJECTION_Y_PRODUCT = -
684300.000
CORNER_UR_PROJECTION_X_PRODUCT =
354300.000
CORNER_UR_PROJECTION_Y_PRODUCT = -
684300.000
CORNER_LL_PROJECTION_X_PRODUCT =
126900.000
CORNER_LL_PROJECTION_Y_PRODUCT = -
916500.000
CORNER_LR_PROJECTION_X_PRODUCT =
354300.000
CORNER_LR_PROJECTION_Y_PRODUCT = -
916500.000
PANCHROMATIC_LINES = 15481
PANCHROMATIC_SAMPLES = 15161
REFLECTIVE_LINES = 7741
REFLECTIVE_SAMPLES = 7581
THERMAL_LINES = 7741
THERMAL_SAMPLES = 7581
FILE_NAME_BAND_1 =
"LC81170652015304LGN00_B1.TIF"
FILE_NAME_BAND_2 =
"LC81170652015304LGN00_B2.TIF"
FILE_NAME_BAND_3 =
"LC81170652015304LGN00_B3.TIF"
FILE_NAME_BAND_4 =
"LC81170652015304LGN00_B4.TIF"
FILE_NAME_BAND_5 =
"LC81170652015304LGN00_B5.TIF"
FILE_NAME_BAND_6 =
"LC81170652015304LGN00_B6.TIF"
FILE_NAME_BAND_7 =
"LC81170652015304LGN00_B7.TIF"
```

```
FILE_NAME_BAND_8 =  
"LC81170652015304LGN00_B8.TIF"  
FILE_NAME_BAND_9 =  
"LC81170652015304LGN00_B9.TIF"  
FILE_NAME_BAND_10 =  
"LC81170652015304LGN00_B10.TIF"  
FILE_NAME_BAND_11 =  
"LC81170652015304LGN00_B11.TIF"  
FILE_NAME_BAND_QUALITY =  
"LC81170652015304LGN00_BQA.TIF"  
METADATA_FILE_NAME =  
"LC81170652015304LGN00_MTL.txt"  
BPF_NAME_OLI =  
"LO8BPF20151031020645_20151031025323.01"  
BPF_NAME_TIRS =  
"LT8BPF20151029161821_20151113130336.01"  
CPF_NAME = "L8CPF20151001_20151101.03"  
RLUT_FILE_NAME =  
"L8RLUT20150303_20431231v11.h5"  
END_GROUP = PRODUCT_METADATA  
GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES  
CLOUD_COVER = 4.83  
CLOUD_COVER_LAND = 8.19  
IMAGE_QUALITY_OLI = 9  
IMAGE_QUALITY_TIRS = 9  
TIRS_SSM_POSITION_STATUS = "NOMINAL"  
ROLL_ANGLE = -0.001  
SUN_AZIMUTH = 108.02117879  
SUN_ELEVATION = 65.64427435  
EARTH_SUN_DISTANCE = 0.9929097  
GROUND_CONTROL_POINTS_VERSION = 3  
GROUND_CONTROL_POINTS_MODEL = 114  
GEOMETRIC_RMSE_MODEL = 8.483  
GEOMETRIC_RMSE_MODEL_Y = 6.516  
GEOMETRIC_RMSE_MODEL_X = 5.433  
END_GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES
```

GROUP = MIN_MAX_RADIANCE

RADIANCE_MAXIMUM_BAND_1 = 770.95648
RADIANCE_MINIMUM_BAND_1 = -63.66584
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_2 = 789.46887
RADIANCE_MINIMUM_BAND_2 = -65.19460
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_3 = 727.48883
RADIANCE_MINIMUM_BAND_3 = -60.07626
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_4 = 613.45953
RADIANCE_MINIMUM_BAND_4 = -50.65969
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_5 = 375.40665
RADIANCE_MINIMUM_BAND_5 = -31.00120
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_6 = 93.36022
RADIANCE_MINIMUM_BAND_6 = -7.70972
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_7 = 31.46739
RADIANCE_MINIMUM_BAND_7 = -2.59859
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_8 = 694.26740
RADIANCE_MINIMUM_BAND_8 = -57.33282
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_9 = 146.71744
RADIANCE_MINIMUM_BAND_9 = -12.11597
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_10 = 22.00180
RADIANCE_MINIMUM_BAND_10 = 0.10033
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_11 = 22.00180
RADIANCE_MINIMUM_BAND_11 = 0.10033

END_GROUP = MIN_MAX_RADIANCE

GROUP = MIN_MAX_REFLECTANCE

REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_1 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_1 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_2 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_2 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_3 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_3 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_4 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_4 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_5 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_5 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_6 = 1.210700

```

REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_6 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_7 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_7 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_8 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_8 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_9 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_9 = -0.099980
END_GROUP = MIN_MAX_REFLECTANCE
GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_1 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_1 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_2 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_2 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_3 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_3 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_4 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_4 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_5 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_5 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_6 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_6 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_7 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_7 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_8 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_8 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_9 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_9 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_10 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_10 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_11 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_11 = 1
END_GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE
GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
RADIANCE_MULT_BAND_1 = 1.2736E-02
RADIANCE_MULT_BAND_2 = 1.3042E-02
RADIANCE_MULT_BAND_3 = 1.2018E-02

```

RADIANCE_MULT_BAND_4 = 1.0134E-02
RADIANCE_MULT_BAND_5 = 6.2015E-03
RADIANCE_MULT_BAND_6 = 1.5423E-03
RADIANCE_MULT_BAND_7 = 5.1982E-04
RADIANCE_MULT_BAND_8 = 1.1469E-02
RADIANCE_MULT_BAND_9 = 2.4237E-03
RADIANCE_MULT_BAND_10 = 3.3420E-04
RADIANCE_MULT_BAND_11 = 3.3420E-04
RADIANCE_ADD_BAND_1 = -63.67858
RADIANCE_ADD_BAND_2 = -65.20764
RADIANCE_ADD_BAND_3 = -60.08828
RADIANCE_ADD_BAND_4 = -50.66982
RADIANCE_ADD_BAND_5 = -31.00741
RADIANCE_ADD_BAND_6 = -7.71126
RADIANCE_ADD_BAND_7 = -2.59911
RADIANCE_ADD_BAND_8 = -57.34430
RADIANCE_ADD_BAND_9 = -12.11840
RADIANCE_ADD_BAND_10 = 0.10000
RADIANCE_ADD_BAND_11 = 0.10000
REFLECTANCE_MULT_BAND_1 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_2 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_3 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_4 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_5 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_6 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_7 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_8 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_9 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_ADD_BAND_1 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_2 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_3 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_4 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_5 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_6 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_7 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_8 = -0.100000

```
REFLECTANCE_ADD_BAND_9 = -0.100000
END_GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
GROUP = TIRS_THERMAL_CONSTANTS
  K1_CONSTANT_BAND_10 = 774.8853
  K1_CONSTANT_BAND_11 = 480.8883
  K2_CONSTANT_BAND_10 = 1321.0789
  K2_CONSTANT_BAND_11 = 1201.1442
END_GROUP = TIRS_THERMAL_CONSTANTS
GROUP = PROJECTION_PARAMETERS
  MAP_PROJECTION = "UTM"
  DATUM = "WGS84"
  ELLIPSOID = "WGS84"
  UTM_ZONE = 50
  GRID_CELL_SIZE_PANCHROMATIC = 15.00
  GRID_CELL_SIZE_REFLECTIVE = 30.00
  GRID_CELL_SIZE_THERMAL = 30.00
  ORIENTATION = "NORTH_UP"
  RESAMPLING_OPTION = "CUBIC_CONVOLUTION"
END_GROUP = PROJECTION_PARAMETERS
END_GROUP = L1_METADATA_FILE
END
```

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

*LAMPIRAN 2, DATA KEDALAMAN RELATIF CITRA
LANDSAT 8*

Point	Reflektan Kanal 4 (Red)	Reflektan Kanal 3 (Green)	Reflektan Kanal 2 (Blue)	Estimasi Kedalaman Relatif	Data Kedalaman Insitu (Meter)
1	0,0423	0,0948	0,0934	0,1250	12,700
2	0,0433	0,0997	0,0969	0,1299	7,200
3	0,0356	0,0901	0,0912	0,1200	15,300
4	0,0133	0,0712	0,0882	0,1065	9,800
5	0,0140	0,0739	0,0891	0,1083	8,700
6	0,0128	0,0731	0,0915	0,1101	10,200
7	0,0156	0,0759	0,0896	0,1097	11,800
8	0,0157	0,0701	0,0916	0,1102	8,400
9	0,0250	0,0858	0,0922	0,1171	4,500
10	0,0167	0,0727	0,0921	0,1116	8,200
11	0,0138	0,0666	0,0883	0,1056	8,700
12	0,0175	0,0709	0,0897	0,1090	9,800
13	0,0266	0,0828	0,0931	0,1177	4,600
14	0,0290	0,0708	0,0877	0,1100	3,800
15	0,0187	0,0782	0,0920	0,1134	11,300
16	0,0161	0,0780	0,0926	0,1133	11,200
17	0,0204	0,0824	0,0943	0,1171	10,700
18	0,0178	0,0793	0,0933	0,1147	10,200
19	0,0134	0,0748	0,0913	0,1105	9,900
20	0,0167	0,0778	0,0920	0,1128	9,900
21	0,0163	0,0759	0,0905	0,1107	9,800
22	0,0147	0,0725	0,0878	0,1069	9,800
23	0,0123	0,0708	0,0870	0,1051	9,100

Point	Reflektan Kanal 4 (Red)	Reflektan Kanal 3 (Green)	Reflektan Kanal 2 (Blue)	Estimasi Kedalaman Relatif	Data Kedalaman Insitu (Meter)
24	0,0145	0,0740	0,0894	0,1087	8,900
25	0,0154	0,0764	0,0896	0,1097	7,700
26	0,0196	0,0778	0,0917	0,1132	7,400
27	0,0202	0,0756	0,0951	0,1161	12,200
28	0,0153	0,0744	0,0893	0,1089	7,000
29	0,0310	0,0875	0,0882	0,1153	16,100
30	0,0375	0,0916	0,0921	0,1218	14,000
31	0,0219	0,0755	0,0937	0,1151	5,866
32	0,0200	0,0713	0,0904	0,1104	11,446
33	0,0282	0,0892	0,0968	0,1233	14,838
34	0,0181	0,0773	0,0925	0,1135	12,351
35	0,0169	0,0738	0,0904	0,1102	10,723
36	0,0229	0,0703	0,0951	0,1154	12,115
37	0,0142	0,0660	0,0844	0,1018	11,197
38	0,0167	0,0665	0,0906	0,1085	12,553
39	0,0212	0,0701	0,0899	0,1100	10,286
40	0,0412	0,1014	0,1002	0,1330	7,050
41	0,0240	0,0828	0,0955	0,1193	15,278
42	0,0293	0,0914	0,0981	0,1253	14,695
43	0,0342	0,0949	0,0995	0,1288	13,233
44	0,0372	0,0990	0,1024	0,1335	18,825
45	0,0259	0,0865	0,0966	0,1218	15,424
46	0,0453	0,1038	0,1010	0,1354	10,180
47	0,0350	0,0980	0,1014	0,1317	14,143
48	0,0454	0,1041	0,1019	0,1364	10,025

Point	Reflektan Kanal 4 (Red)	Reflektan Kanal 3 (Green)	Reflektan Kanal 2 (Blue)	Estimasi Kedalaman Relatif	Data Kedalaman Insitu (Meter)
49	0,0384	0,1000	0,0998	0,1316	10,969
50	0,0341	0,0982	0,1026	0,1326	9,338
51	0,0173	0,0691	0,0889	0,1077	15,174
52	0,0479	0,1057	0,1018	0,1373	14,731
53	0,0403	0,1008	0,1010	0,1334	8,183
54	0,0418	0,1022	0,1010	0,1342	8,771
55	0,0432	0,0995	0,0968	0,1297	15,748
56	0,0381	0,1011	0,1028	0,1346	11,440
57	0,0342	0,0980	0,1005	0,1307	15,774
58	0,0319	0,0948	0,0993	0,1281	10,435
59	0,0370	0,0984	0,0999	0,1309	14,706
60	0,0516	0,1086	0,1030	0,1402	9,025

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

*LAMPIRAN 3, DATA ESTIMASI KEDALAMAN ABSOLUT
CITRA LANDSAT 8*

Point	Reflektan Kanal 4 (Red)	Reflektan Kanal 3 (Green)	Reflektan Kanal 2 (Blue)	Estimasi Kedalaman Relatif	Estimasi Kedalaman Absolut (Meter)	Data Kedalaman Insitu (Meter)	NMAE (%)
1	0,0433	0,0997	0,0969	0,1318	11,9248	16,800	29,019
2	0,0423	0,0948	0,0934	0,1074	9,4583	9,900	4,462
3	0,0356	0,0901	0,0912	0,1176	11,4447	4,600	148,797
4	0,0133	0,0712	0,0882	0,1112	10,3526	4,400	135,286
5	0,0140	0,0739	0,0891	0,1209	11,7848	4,500	161,884
6	0,0128	0,0731	0,0915	0,1142	10,9273	6,200	76,247
7	0,0156	0,0759	0,0896	0,1104	10,1844	7,600	34,005
8	0,0157	0,0701	0,0916	0,1122	10,5639	8,300	27,275
9	0,0207	0,0799	0,0916	0,1047	8,7143	8,600	1,329
10	0,0167	0,0727	0,0921	0,1085	9,7441	8,900	9,484
11	0,0138	0,0666	0,0883	0,1098	10,0589	9,600	4,781
12	0,0175	0,0709	0,0897	0,1165	11,2929	10,900	3,604
13	0,0178	0,0745	0,0939	0,1187	11,5682	19,300	40,061
14	0,0145	0,0736	0,0930	0,1079	9,6075	18,600	48,347
15	0,0187	0,0782	0,0920	0,1120	10,5337	12,600	16,399
16	0,0161	0,0780	0,0926	0,1127	10,6601	11,300	5,663
17	0,0204	0,0824	0,0943	0,1106	10,2427	11,800	13,197
18	0,0178	0,0793	0,0933	0,1148	11,0282	11,100	0,647
19	0,0134	0,0748	0,0913	0,1200	11,7023	10,600	10,399
20	0,0167	0,0778	0,0920	0,1134	10,7962	10,100	6,893
21	0,0163	0,0759	0,0905	0,1105	10,2052	10,300	0,920
22	0,0147	0,0725	0,0878	0,1121	10,5427	10,000	5,427
23	0,0123	0,0708	0,0870	0,1132	10,7512	9,800	9,706

Point	Reflektan Kanal 4 (Red)	Reflektan Kanal 3 (Green)	Reflektan Kanal 2 (Blue)	Estimasi Kedalaman Relatif	Estimasi Kedalaman Absolut (Meter)	Data Kedalaman Insitu (Meter)	NMAE (%)
24	0,0145	0,0740	0,0894	0,1109	10,2889	9,700	6,071
25	0,0154	0,0764	0,0896	0,1063	9,1824	9,200	0,192
26	0,0162	0,0758	0,0893	0,1075	9,4817	8,800	7,747
27	0,0219	0,0776	0,0969	0,1087	9,7841	7,300	34,028
28	0,0188	0,0766	0,0915	0,1113	10,3788	6,000	72,980
29	0,0310	0,0875	0,0882	0,1178	11,4593	11,600	1,213
30	0,0375	0,0916	0,0921	0,1224	11,8985	14,100	15,613
31	0,0219	0,0755	0,0937	0,1299	12,0141	15,631	23,139
32	0,0200	0,0713	0,0904	0,1305	11,9910	15,752	23,876
33	0,0282	0,0892	0,0968	0,1291	12,0343	12,106	0,592
34	0,0181	0,0773	0,0925	0,1325	11,8844	12,690	6,349
35	0,0169	0,0738	0,0904	0,1398	11,0360	8,802	25,381
36	0,0229	0,0703	0,0951	0,1310	11,9659	9,777	22,389
37	0,0142	0,0660	0,0844	0,1356	11,6075	8,768	32,385
38	0,0167	0,0665	0,0906	0,1357	11,5953	8,582	35,112
39	0,0212	0,0701	0,0899	0,1321	11,9083	6,784	75,534
40	0,0412	0,1014	0,1002	0,1370	11,4449	9,378	22,040
41	0,0240	0,0828	0,0955	0,1332	11,8337	11,113	6,485
42	0,0293	0,0914	0,0981	0,1320	11,9112	14,592	18,372
43	0,0342	0,0949	0,0995	0,1342	11,7435	10,388	13,049
44	0,0372	0,0990	0,1024	0,1333	11,8247	14,612	19,075
45	0,0259	0,0865	0,0966	0,1220	11,8694	15,931	25,495
46	0,0453	0,1038	0,1010	0,1329	11,8525	20,025	40,810
47	0,0350	0,0980	0,1014	0,1274	12,0560	14,459	16,619
48	0,0454	0,1041	0,1019	0,1254	12,0315	15,111	20,379

Point	Reflektan Kanal 4 (Red)	Reflektan Kanal 3 (Green)	Reflektan Kanal 2 (Blue)	Estimasi Kedalaman Relatif	Estimasi Kedalaman Absolut (Meter)	Data Kedalaman Insitu (Meter)	NMAE (%)
49	0,0384	0,1000	0,0998	0,1178	11,4602	11,970	4,259
50	0,0341	0,0982	0,1026	0,1129	10,7012	6,873	55,699
51	0,0173	0,0691	0,0889	0,1106	10,2266	10,660	4,066
52	0,0479	0,1057	0,1018	0,1359	11,5812	14,217	18,540
53	0,0403	0,1008	0,1010	0,1110	10,3156	12,321	16,276
54	0,0418	0,1022	0,1010	0,1095	9,9745	10,928	8,725
55	0,0432	0,0995	0,0968	0,1140	10,8923	10,376	4,976
56	0,0381	0,1011	0,1028	0,1202	11,7288	15,281	23,246
57	0,0342	0,0980	0,1005	0,1060	9,0974	9,905	8,154
58	0,0319	0,0948	0,0993	0,1255	12,0348	14,235	15,456
59	0,0370	0,0984	0,0999	0,1278	12,0545	10,434	15,531
60	0,0516	0,1086	0,1030	0,1339	11,7770	13,535	12,989
Total							25,777

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

*LAMPIRAN 4, DATA KEDALAMAN RELATIF CITRA
SENTINEL-2*

Point	Reflektan Kanal 4 (Red)	Reflektan Kanal 3 (Green)	Reflektan Kanal 2 (Blue)	Estimasi Kedalaman Relatif	Data Kedalaman Insitu (Meter)
1	0,0408	0,0556	0,0484	0,0727	12,700
2	0,0387	0,0539	0,0473	0,0706	7,200
3	0,0256	0,0445	0,0394	0,0569	15,300
4	0,0254	0,0399	0,0414	0,0574	9,800
5	0,0261	0,0400	0,0395	0,0559	8,700
6	0,0240	0,0390	0,0407	0,0561	10,200
7	0,0288	0,0466	0,0459	0,0645	11,800
8	0,0264	0,0444	0,0425	0,0600	8,400
9	0,0346	0,0523	0,0446	0,0664	4,500
10	0,0263	0,0457	0,0455	0,0632	8,200
11	0,0293	0,0439	0,0421	0,0603	8,700
12	0,0322	0,0477	0,0442	0,0641	9,800
13	0,0371	0,0548	0,0493	0,0723	4,600
14	0,0242	0,0391	0,0389	0,0546	3,800
15	0,0267	0,0425	0,0404	0,0576	11,300
16	0,0293	0,0436	0,0420	0,0601	11,200
17	0,0303	0,0431	0,0423	0,0605	10,700
18	0,0259	0,0413	0,0400	0,0566	10,200
19	0,0227	0,0360	0,0391	0,0535	9,900
20	0,0265	0,0417	0,0423	0,0591	9,900
21	0,0237	0,0368	0,0383	0,0532	9,800
22	0,0240	0,0406	0,0432	0,0590	9,800
23	0,0233	0,0369	0,0374	0,0522	9,100

Point	Reflektan Kanal 4 (Red)	Reflektan Kanal 3 (Green)	Reflektan Kanal 2 (Blue)	Estimasi Kedalaman Relatif	Data Kedalaman Insitu (Meter)
24	0,0243	0,0376	0,0397	0,0549	8,900
25	0,0242	0,0411	0,0420	0,0580	7,700
26	0,0258	0,0463	0,0456	0,0634	7,400
27	0,0280	0,0457	0,0437	0,0619	12,200
28	0,0273	0,0448	0,0420	0,0599	7,000
29	0,0366	0,0544	0,0485	0,0713	16,100
30	0,0288	0,0476	0,0413	0,0604	14,000
31	0,0275	0,0430	0,0456	0,0630	5,866
32	0,0276	0,0447	0,0459	0,0636	11,446
33	0,0266	0,0409	0,0430	0,0596	14,838
34	0,0307	0,0492	0,0416	0,0616	12,351
35	0,0272	0,0386	0,0415	0,0577	10,723
36	0,0245	0,0388	0,0413	0,0569	12,115
37	0,0277	0,0422	0,0435	0,0607	11,197
38	0,0279	0,0446	0,0453	0,0632	12,553
39	0,0270	0,0437	0,0437	0,0611	10,286
40	0,0263	0,0457	0,0455	0,0632	7,050
41	0,0258	0,0400	0,0410	0,0572	15,278
42	0,0277	0,0422	0,0427	0,0600	14,695
43	0,0267	0,0428	0,0436	0,0607	13,233
44	0,0270	0,0438	0,0421	0,0596	18,825
45	0,0271	0,0406	0,0416	0,0583	15,424
46	0,0335	0,0518	0,0465	0,0678	10,180
47	0,0306	0,0477	0,0441	0,0636	14,143
48	0,0388	0,0538	0,0467	0,0700	10,025

Point	Reflektan Kanal 4 (Red)	Reflektan Kanal 3 (Green)	Reflektan Kanal 2 (Blue)	Estimasi Kedalaman Relatif	Data Kedalaman Insitu (Meter)
49	0,0424	0,0580	0,0477	0,0731	10,969
50	0,0265	0,0417	0,0423	0,0591	9,338
51	0,0260	0,0406	0,0420	0,0584	15,174
52	0,0277	0,0462	0,0437	0,0620	14,731
53	0,0363	0,0529	0,0447	0,0671	8,183
54	0,0314	0,0487	0,0458	0,0658	8,771
55	0,0435	0,0565	0,0483	0,0736	15,748
56	0,0236	0,0394	0,0417	0,0571	11,440
57	0,0353	0,0518	0,0445	0,0664	15,774
58	0,0273	0,0420	0,0429	0,0600	10,435
59	0,0282	0,0435	0,0429	0,0607	14,706
60	0,0355	0,0539	0,0464	0,0688	9,025

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

*LAMPIRAN 5, DATA ESTIMASI KEDALAMAN ABSOLUT
CITRA SENTINEL-2*

Point	Reflektan Kanal 4 (Red)	Reflektan Kanal 3 (Green)	Reflektan Kanal 2 (Blue)	Estimasi Kedalaman Relatif	Estimasi Kedalaman Absolut (Meter)	Data Kedalaman Insitu (Meter)	NMAE (%)
1	0,0280	0,0408	0,0556	0,0602	11,0650	16,800	34,137
2	0,0267	0,0387	0,0539	0,0499	9,5687	9,900	3,347
3	0,0165	0,0256	0,0445	0,0578	10,8852	4,600	136,634
4	0,0217	0,0254	0,0399	0,0583	10,9281	4,400	148,365
5	0,0239	0,0261	0,0400	0,0590	10,9849	4,500	144,110
6	0,0226	0,0240	0,0390	0,0582	10,9252	6,200	76,213
7	0,0249	0,0288	0,0466	0,0620	11,1357	7,600	46,522
8	0,0202	0,0264	0,0444	0,0546	10,4871	8,300	26,350
9	0,0284	0,0459	0,0445	0,0516	9,9521	8,600	15,722
10	0,0263	0,0457	0,0455	0,0569	10,7880	8,900	21,214
11	0,0293	0,0439	0,0421	0,0571	10,8097	9,600	12,601
12	0,0322	0,0477	0,0442	0,0579	10,8933	10,900	0,061
13	0,0262	0,0414	0,0435	0,0570	10,7987	19,300	44,048
14	0,0250	0,0413	0,0409	0,0536	10,3190	18,600	44,522
15	0,0267	0,0425	0,0404	0,0540	10,3914	12,600	17,529
16	0,0293	0,0436	0,0420	0,0550	10,5392	11,300	6,733
17	0,0303	0,0431	0,0423	0,0576	10,8634	11,800	7,937
18	0,0259	0,0413	0,0400	0,0513	9,8868	11,100	10,930
19	0,0227	0,0360	0,0391	0,0555	10,6168	10,600	0,158
20	0,0265	0,0417	0,0423	0,0543	10,4454	10,100	3,420
21	0,0237	0,0368	0,0383	0,0494	9,4481	10,300	8,270
22	0,0240	0,0406	0,0432	0,0498	9,5416	10,000	4,584
23	0,0233	0,0369	0,0374	0,0485	9,2204	9,800	5,914

Point	Reflektan Kanal 4 (Red)	Reflektan Kanal 3 (Green)	Reflektan Kanal 2 (Blue)	Estimasi Kedalaman Relatif	Estimasi Kedalaman Absolut (Meter)	Data Kedalaman Insitu (Meter)	NMAE (%)
24	0,0243	0,0376	0,0397	0,0494	9,4526	9,700	2,550
25	0,0242	0,0411	0,0420	0,0502	9,6392	9,200	4,773
26	0,0251	0,0273	0,0448	0,0494	9,4429	8,800	7,305
27	0,0205	0,0272	0,0420	0,0517	9,9744	7,300	36,636
28	0,0252	0,0333	0,0499	0,0499	9,5685	6,000	59,475
29	0,0366	0,0544	0,0485	0,0557	10,6473	11,600	8,213
30	0,0288	0,0476	0,0413	0,0551	10,5615	14,100	25,096
31	0,0275	0,0430	0,0456	0,0610	11,1036	15,631	28,964
32	0,0276	0,0447	0,0459	0,0631	11,1495	15,752	29,219
33	0,0266	0,0409	0,0430	0,0623	11,1412	12,106	7,970
34	0,0307	0,0492	0,0416	0,0584	10,9376	12,690	13,810
35	0,0272	0,0386	0,0415	0,0564	10,7326	8,802	21,934
36	0,0245	0,0388	0,0413	0,0552	10,5797	9,777	8,210
37	0,0277	0,0422	0,0435	0,0588	10,9752	8,768	25,173
38	0,0279	0,0446	0,0453	0,0568	10,7846	8,582	25,665
39	0,0270	0,0437	0,0437	0,0586	10,9528	6,784	61,451
40	0,0263	0,0457	0,0455	0,0595	11,0208	9,378	17,517
41	0,0258	0,0400	0,0410	0,0590	10,9853	11,113	1,149
42	0,0277	0,0422	0,0427	0,0590	10,9864	14,592	24,709
43	0,0267	0,0428	0,0436	0,0590	10,9869	10,388	5,765
44	0,0270	0,0438	0,0421	0,0546	10,4912	14,612	28,202
45	0,0271	0,0406	0,0416	0,0525	10,1167	15,931	36,497
46	0,0335	0,0518	0,0465	0,0566	10,7574	20,025	46,279
47	0,0306	0,0477	0,0441	0,0557	10,6376	14,459	26,429
48	0,0388	0,0538	0,0467	0,0514	9,9082	15,111	34,430

Point	Reflektan Kanal 4 (Red)	Reflektan Kanal 3 (Green)	Reflektan Kanal 2 (Blue)	Estimasi Kedalaman Relatif	Estimasi Kedalaman Absolut (Meter)	Data Kedalaman Insitu (Meter)	NMAE (%)
49	0,0424	0,0580	0,0477	0,0526	10,1393	11,970	15,294
50	0,0265	0,0417	0,0423	0,0525	10,1240	6,873	47,302
51	0,0260	0,0406	0,0420	0,0519	10,0088	10,660	6,109
52	0,0277	0,0462	0,0437	0,0575	10,8596	14,217	23,615
53	0,0363	0,0529	0,0447	0,0546	10,4874	12,321	14,882
54	0,0314	0,0487	0,0458	0,0541	10,4100	10,928	4,740
55	0,0435	0,0565	0,0483	0,0569	10,7881	10,376	3,972
56	0,0236	0,0394	0,0417	0,0514	9,9114	15,281	35,139
57	0,0353	0,0518	0,0445	0,0544	10,4595	9,905	5,598
58	0,0273	0,0420	0,0429	0,0574	10,8475	14,235	23,797
59	0,0282	0,0435	0,0429	0,0517	9,9715	10,434	4,433
60	0,0355	0,0539	0,0464	0,0554	10,6067	13,535	21,635
Total							26,877

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Muhammad Wildan Bobsaid, dilahirkan di Surabaya, 9 Mei 1995. Merupakan anak pertama dari 3 bersaudara dari pasangan Badruuz Zaman Bobsaid dan Thuroyah Basalamah. Penulis menempuh pendidikan di MI Yasfi, SMPIT Darul Hikmah, dan SMAN 7 Bekasi. Setelah lulus dari SMA penulis melanjutkan pendidikan strata-1 di Departemen Teknik Geomatika ITS Surabaya pada tahun 2013 melalui jalur SBMPTN dengan NRP

3513100064. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di Himpunan Mahasiswa Geomatika (HIMAGE-ITS) sebagai staff departemen dalam negeri tahun 2014/2015, ketua departemen dalam negeri tahun 2015/2016 dan Adhoc AD/ART HIMAGE-ITS tahun 2017. Selain itu penulis juga aktif menjadi PEMANDU LKMM ITS sampai sekarang serta di kepanitiaan YES SUMMIT ASEAN sebagai staff dan wakil koordinator logistic pada tahun 2014 dan 2015. Penulis telah melakukan kerja praktek di Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan (P3GL), menjadi tim pengukuran rumah negara ITS tahun 2015, serta mengikuti berbagai proyek pengukuran, *digitasi* atau pemetaan lainnya. Untuk menyelesaikan kuliah strata-1, penulis menyusun Tugas Akhir yang berjudul Studi Pemetaan Batimetri Perairan Dangkal Menggunakan Citra Landsat 8 dan Sentinel-2A (Studi Kasus : Perairan Pulau Poteran dan Gili Iyang, Madura).

